ராடார்

தர்மலிங்கம் (எம்)

ராடார்

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்
கேப்டன் எம். தர்மலிங்கம், எம்.ஏ., எம்.எஸ்ஸி.,
இயற்பியல் உதவிப் பேராசிரியர்,
மன்னர் சரபோசி அரசினர் கல்லூரி,
தஞ்சாவூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—318

ராடார்

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்
கேப்டன் எம். தர்மலிங்கம், எம்.ஏ., எம்.எஸ்ஸி.,
இயற்பியல் உதவிப் பேராசிரியர்,
மன்னர் சரபோசி அரசினர் கல்லூரி,
தஞ்சாவூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—April, 1972
T.N.T.B.S. (C.P.) No. 318

Tamil Nadu Text Book Society

RADAR

CAPTAIN M. DHARMALINGAM

Net Price Rs. 16-75
(No discount)

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare.'

Printed by
KUMARAN PRESS,
298, Mint Street,
Madras-1.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி—உள்ளாட்சித் துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினேழாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்பிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டு தோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்ல வேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாட நூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'ராடார்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 318ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 353 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

முன்னுரை

ராடாரைப்பற்றித் தமிழில் ஒரு நூல் எழுதவேண்டும் என்று கல்லூரிப் பாடநூல் நிறுவனத்தாரால் இடப்பட்ட பணியினை இந்நூல் நிறைவேற்றுகின்றது.

இந்நூலை எழுதும்போது ஏற்பட்ட இடையூறுகள் பல. ராடார் மிகவும் முன்னேற்றமடைந்துள்ள ஒரு சாதனமாகும். இதை ஒரு சாதனம் என்று கூறுவதைவிட, பல சாதனங்களின் தொகுப்பு என்று கூறுவது பொருந்தும்.

ராடாரைப்பற்றி அறிவியல் மாணவர்கள் உணரத்தக்க வகையில் ஆங்கிலத்தில்கூட வெளிவந்துள்ள நூல்கள் மிக மிகக் குறைவு. ராடாரைப்பற்றிக் கூறுகின்ற ஒரு சில நூல்களும் பொறியியல் துறையிலுள்ளவர்கள்மட்டும் படித்து அறியத்தக்க வகையில் அமைந்துள்ளன. மேலும் ராடாரைப்பற்றி அறிவதற்கு ரேடியோவைப்பற்றிய எல்லாச் செய்திகளும் தெரிந்திருக்க வேண்டும். இதையே பல மேல்நாட்டு அறிஞர்களும் வலியுறுத்துகின்றனர்.

ராடாரைப்பற்றிய முக்கியமான செய்திகள் யாவும் சுருக்கமாக 30 பகுதிகளில் இந்நூலில் கூறப்பட்டுள்ளன. மேலும் விளக்கமாகத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும் என்று விரும்புபவர்களுக்கு மட்டும், சில விளக்கங்கள் 5 பகுதிகளாகப் பிற்சேர்க்கையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. நுட்பமான கருத்துகளைத் தமிழில் விளக்க முற்படும்பொழுது எழுந்த இடையூறுகள் பல. இருந்தபோதிலும், நம் மாணவர்கள் தமிழில் பயில வேண்டும் என்ற எண்ணத்தின் அடிப்படையில் இந் நூலில் விளக்கங்கள் தரப்பட்டுள்ளன. இந் நூலில் குறைகள் இருப்பின் அவற்றை நீக்கி, இம் முயற்சியை வரவேற்கும்படி அனைவரையும் கேட்டுக்கொள்கிறேன்.

எம். தர்மலிங்கம்

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
1.	தோற்றுவாய்	...	1
2.	அணுவின் அமைப்பு	...	6
3.	ரேடியோ அலைகள்	...	11
4.	மின்னோட்டம்	...	15
5.	மின்தூண்டல்	...	27
6.	மின்தேக்கிகளும் மின்நிலைமங்களும்	...	35
7.	மாறுதிசை மின்னோட்டம்	...	45
8.	மின்குழாய்கள்	...	67
9.	வால்வுப் பெருக்கி, அலைவியற்றி, திருத்தி	...	104
10.	அலைப்பண்பேற்றமும் பகுத்தலும்	...	129
11.	கலக்கிப் பிரித்தல், இடைநிலை அடுக்குப் பெருக்கி, ஏ. வி. ஸி.	...	148
12.	கிளைஸ்ட்ரான், மாக்னெட்ரான் மின்குழாய்கள்		156
13.	ராடாரின் அடிப்படைத் தத்துவங்கள்	...	172
14.	எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்	...	186
15.	துவக்கிச் சுற்றுகளும் துடிப்புச் சுற்றுகளும்	...	204
16.	இரம்பப் பல் அலைவியற்றிகள்	...	227
17.	துடிப்புப் பரப்பிகள்	...	241
18.	துடிப்பு ஏற்பிகள்	...	257
19.	தூரங்களை நிர்ணயித்தல்	...	268
20.	ஒத்திசைவுக் கம்பிகள்	...	281
21.	அயன மண்டலம்	...	297
22.	திசை அணிகள் : ஏற்றக்கோணமும் ஏற்றமும்		309
23.	ராடாரைச் சோதித்தலும் சோதனை கியரும்		328
24.	பரப்பி — ஏற்பி சுவிட்சுகள்	...	337
25.	சில மாதிரி ராடார் அமைப்புகள்	...	346

26. ராடாரின் போர்க்காலப் பணி ... 364
27. ராடாரின் அமைதிக்காலப் பணி ... 373
28. தொலைக்காட்சி ... 380
29. டிரான்சிஸ்டர் ... 396
30. மேசர்களும் லேசர்களும் ... 413

பிற்சேர்க்கை

1. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் கொள்கை ... 433
2. ஓரச்சுக் கம்பிகளும் அலைவழிப்படுத்திகளும்... 442
3. வடிச்சுற்றுகள் ... 447
4. அலை உருவை நிர்ணயிக்கும் சுற்றுகள் ... 463

அட்டவணை

1. கிரேக்க எழுத்துகளும் அவற்றின் பெயர்களும் 478
2. அடுக்கங்களின் பகுப்பு ... 478
3. மின்சாரச் சமன்பாடுகளில் உபயோகப்படும் குறிகள் ... 479
4. அளவைகளின் மேற்பகுதிகளும் கீழ்ப்பகுதி களும் ... 480
படித்தற்குரிய நூல்கள் ... 481

கலைச்சொற்கள்

தமிழ் - ஆங்கிலம் ... 482
ஆங்கிலம் - தமிழ் ... 493

1. தோற்றுவாய்

(Introduction)

நாம் இருபதாம் நூற்றுண்டில் வாழ்கிறேம். இந்த நூற்றுண்டில் விஞ்ஞானம் பல துறைகளிலும் வெகு துரிதமாக முன்னேற்றமடைந்திருக்கிறது. அதிலும் விஞ்ஞானத்தின் ஒரு பகுதியான அறிவியலில் புதிய கண்டுபிடிப்புகள் அதிவேகத்துடன் வளர்ந்துள்ளன. வேறு எந்தத் துறையிலும் இந்த அளவு புதிய செய்திகள் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. கி. பி. 1900-ல்தான் அணுவின் ஒரு பகுதியான எலெக்ட்ரான் (electron) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. 1920-ஐ அடுத்துப் பத்து ஆண்டுகளில் ரேடியோ, பாடல், நாடகம் ஆகியவற்றை ஒலிபரப்ப ஆரம்பித்தது. இப்போது நாம் ரேடியோவில் பாடல்களைமட்டும் கேட்பதில்லை; பாடுபவரையும் பார்க்கக்கூடிய வாய்ப்பைப் பெற்றிருக்கிறேம். இதைத் தொலைக்காட்சி (television) என்று அழைக்கின்றனர். தொலைக்காட்சி, ரேடியோவைவிட அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டாலும் ரேடியோவைவிட முன்னேறியுள்ளது. ரேடியோ, தொலைக்காட்சி ஆகியவை இன்றேல் வாழ்க்கை வெறிச்சோடிவிடும் என்ற நிலைமை ஏறக்குறைய உருவாகியுள்ளது. ரேடியோவின் மற்ருெரு பகுதியாகிய ராடார் சமீபத்தில் நடந்த உலகப் பெரும் போரின் திசையையே மாற்றிவிட்டது. ராடாரின் வானிலை ஆராய்ச்சிக் கண்டுபிடிப்புகள் நிகழ்கின்ற வேகத்தைக் காணும்போது அவை உலகிலேயே ஆற்றல் மிக்க தொலைநோக்கிகளைக் (telescopes) காட்டிலும் மிகச் சக்திவாய்ந்த கருவிகளாக ஆகிவிடும்போல் தெரிகிறது. தற்கால வானவெளி ராக்கெட்டுகளிலும் செயற்கைக் கோள்களிலும் ராடார் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. நிலவுக்குச் செல்லவேண்டும் என்ற நீண்ட நாளைய கனவு தற்போது நனவாகிவிட்டது.

இருபதாம் நூற்றுண்டின் முற்பகுதியில் 1939—1945-ல் நிகழ்ந்த இரண்டாம் உலகப் பெரும் போர் மனித வரலாற்றில் ஒரு மிக முக்கியமான கட்டமாகும். புதிதாகக் கண்டுபிடிக்கப்

பட்ட அணுகுண்டு போரை முடிவுக்குக் கொண்டுவந்தாலும் ஜெர்மானியரின் விமானப் படையின் பெரும்பகுதி நேச நாட்டினரால் ராடாரின் துணைகொண்டே அழிக்கப்பட்டது. நேச நாடுகள் ராடார் சாதனத்தை மிகத் திறமையாகப் பயன்படுத்தியதும், ஜெர்மானியர் அதைச் சரியாக உபயோகிக்கத் தவறியதுமே போரில் ஜெர்மானியர் தோல்வியுறக் காரணமாக அமைந்தன. இதில் வேடிக்கை யாதெனின், ராடாரை ஒரு ஜெர்மானியரே முதன்முதலில் கண்டுபிடித்தார்.

1887ஆம் ஆண்டு ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) என்ற விஞ்ஞானி ரேடியோ அலைகள் ஒலி அலைகளைப்போலவே எதிரொலிக்கப் பட்டு மின்கருவிகளில் பதிவு செய்யப்படும் எனக் கண்டார். 1904ஆம் ஆண்டில் கிறிஸ்தியான் ஹியூல்ஸ் மையர் (Christian Huels Meyer) என்ற ஜெர்மானியப் பொறியியல் வல்லுநர் தொலைவுப் பொருள்காட்டி (telemobiloscope) என்ற கருவியைக் கண்டுபிடித்தார். ஒலி, ஒளி அலைகளைப் பயன்படுத்தி வெகு தூரத்திலுள்ள உலோகப் பொருள்களை இக் கருவியினால் காண முடிந்தது. ஆனால், ஜெர்மானியர் ஹியூல்ஸ் மையரின் புதிய கண்டுபிடிப்பில் அக்கறை செலுத்தவில்லை.

1923ஆம் ஆண்டில் லௌவி (Lowy) என்ற அமெரிக்க விஞ்ஞானி எல்லா விதத்திலும் ராடாரை ஒத்த ஒரு கருவியைக் கண்டுபிடித்தார். இதையும் ஒருவரும் அவ்வளவாகக் கவனிக்க வில்லை.

1925-க்குள் அமெரிக்காவில் ராடார் முதன்முதலாக நடைமுறைக்கு வந்துவிட்டது. கார்னேகி நிலையத்தின் (Carnegie Institution) விஞ்ஞானிகள் அயன மண்டலத்தின் உயரத்தை மிக எளிய கருவிகளைக் கொண்டு அளந்தனர். அதிலிருந்து அமெரிக்கர் ராடார் ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து நடத்தினர்.

1930-ல் ஜெர்மானியர் அரைகுறை மனத்தோடு ராடார் ஆராய்ச்சியை மேற்கொண்டனர். ஆயினும், அவர்கள் 'திடீர்த் தாக்குதல்' முறைகளைக்கொண்டு எதிரிகளைத் தோற்கடிக்கும் வகையை வகுத்துவந்தனராதலால் தற்பாதுகாப்புக் கருவியாகிய ராடாரைக் குறித்து அவ்வளவாக அக்கறை எடுத்துக்கொள்ள வில்லை.

இரண்டாம் உலகப்போரில் பிரிட்டனின் நிலை ஜெர்மானியரின் நிலைக்கு முற்றிலும் மாறாக இருந்தது. அவர்களின் படை வீரர்களின் எண்ணிக்கையும், போர்த் தளவாடங்களும் மிகக்

குறைவாக இருந்தபடியால் எதிரியின் விமானத் தாக்குதலை முன்கூட்டியே அறிவிக்கக்கூடிய ஒரு கருவி பிரிட்டனுக்குத் தேவையாக இருந்தது.

ஏறக்குறைய இதே நேரத்தில் புகழ்வாய்ந்த பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானி எட்வர்டு ஆப்பிள்டன் (Appleton) பூமியைச் சுற்றியுள்ள வாயு மண்டலத்தின் பற்பல அடுக்குகளின் உயரத்தை ரேடியோ அலைகளைக்கொண்டு அளந்து காண்பித்தார். ரேடியோ அலைகளை மேலே அனுப்பி, அவை உயரச் சென்று எதிரொளிக்கப் பட்டுக் கீழே வருவதற்கு ஆகும் நேரத்தை அளந்தார். வேறொரு புகழ்வாய்ந்த பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானி ஸர் ராபெர்ட் வாட்சன் வாட் (Watson Watt) எதிரொளிக்கப்பட்டு வரும் ரேடியோ அலைகளை எதிர்மின் கதிர்க் குழாய் (cathode-raytube) ஒன்றில் செலுத்தி அதன் ஒளிர்திரையின்மீது படமாகக் காட்டலாம் என்று உணர்த்திய பிறகுதான் ராடாரின் முக்கியத்துவத்தை ஆங்கிலேயர்கள் உணர ஆரம்பித்தனர். ஆனால், ராடாரின் முழுப் பயனையும் அடைய அதிக அளவில் ஆராய்ச்சி தேவைப்பட்டது.

இந் நிலையில் ராடார் ஆராய்ச்சியைப் புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானி களடங்கிய ஒரு குழுவினரிடம் ஒப்படைத்தனர். இந்த ஆராய்ச்சி மிக இரகசியமாக நடந்துவந்தது. 1935ஆம் ஆண்டில் இங்கிலாந்தின் முதலாவது ராடார் வெற்றிகரமாகச் செய்யப்பட்டு ஆறு மைல் தூரத்தில் வரும் விமானத்தை மிகத்தெளிவாகக் காட்டியது. 1937-ல் விமானப் படையினருக்கு ராடார் பயிற்சி அளிக்கப் பட்டது. 1939ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதத்திற்குள் 60 மைல் களுக்கு அப்பால் வரும் விமானங்களைக் கண்டுபிடிக்க முடிந்தது. 1940ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் மாதத்தில் பிரிட்டனும் அமெரிக்காவும் தங்கள் ராடார் ஆராய்ச்சிகளை ஒன்றுபடுத்தின. ஆயிரக் கணக்கான விஞ்ஞானிகள் கோடிக்கணக்கான டாலர்களைச் செலவழித்து ராடார் ஆராய்ச்சி செய்து அதில் வியத்தகு வெற்றி பெற்றனர்.

ராடார் என்ற சொல் 'RAdio Detection And Ranging' என்ற ஆங்கிலச் சொற்களில் உள்ள முன் எழுத்துகளைச் சேர்த்து உருவாக்கப்பட்ட ஒரு சொல்லாகும். எனவே, ராடார் என்பது ஒரு சுருக்கப் பெயர். இது ஒரு தனிக் கருவியன்று; பல கருவிகளின் தொகுப்பாகும். ராடாரின் தத்துவம் மிக எளியது; மிக மிகச் சாதாரணமானது. எப்படி ஒலி அலைகள் ஒரு தளத்தில் பட்டு எதிரொலிக்கப்படுகின்றனவோ அதேபோல் மின்காந்த அலைகளும் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. மின்காந்த அலைகளை உற்பத்தி செய்து

அவற்றை வெளியே அனுப்புகின்ற நேரத்திலிருந்து அவை எதிரொளிக்கப்பட்டு எதிர்மின் குழாயை வந்தடைவதற்கான நேரத்தைக் கணக்கிட்டால் ராடார் சாதனத்திலிருந்து மின்காந்த அலைகளை எதிரொளிக்கின்ற பொருள் உள்ள தூரத்தை அளக்கலாம். இதுவே ராடாரின் தத்துவமாகும். ஒலியின் வேகம் மிக மிகக் குறைவு (1120 அடி/விநாடி). மின்காந்த அலைகளோ மிக மிக வேகமாகப் பரவுகின்றன. (ஒரு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள்). எனவே, ராடாரில் மின்காந்த அலைகள் அல்லது ரேடியோ அலைகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். ரேடியோவில் பயன்படுகின்ற எல்லாத் தத்துவங்களும் ராடாரிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எனவே, ராடாரைப்பற்றிப் புரிந்துகொள்வதற்கு அணுவைப்பற்றியும் மின்காந்த அலைகளைப்பற்றியும் தெரிந்து கொள்ளுவது அவசியம்.

ராடார், ரேடியோத் தொடர்பு ஆகியவை இரண்டும் ரேடியோ அலைகளையே பயன்படுத்தினாலுங்கூட, இந்த அலைகள் தன்மையில் ஒரே மாதிரி இருந்தபோதிலும், ரேடியோ, ராடார் தொழில்படும் முறைகளில் பல வேறுபாடுகள் உள்ளன. ரேடியோ அடுக்க நிலையில் தொழில்நுட்பங்கள் எல்லாவிதத்திலும் ஒத்திருக்கின்றன. ரேடியோ செய்தித் தொடர்பு மிக நீண்ட ரேடியோ அலைகளை உபயோகிக்கும்போது ராடார் மிகமிகக் குறைந்த நீளமுள்ள அலைகளையே உபயோகிக்கின்றது. ரேடியோத் தொடர்பில் அலைநீளங்கள் பல கிலோமீட்டர்களுக்கும் அதிகமாக இருக்கும் பொழுது ராடாரில் அலைநீளங்கள் சில சமயங்களில் சென்டிமீட்டர் அளவிலேயே இருக்கின்றன. அஃதாவது ரேடியோவில் பயன்படுத்தப்படும் அலைகளின் அடுக்கங்கள் மிகக் குறைவு. ராடாரில் பயன்படும் அலைகளின் அடுக்கங்கள் மிக மிக அதிகம்.

மேலும் நமக்குப் புலனுகின்ற வகையில் (video side) ரேடியோவுக்கும் ராடாருக்கும் அதிக மாறுபாடுகளுள்ளன. ரேடியோவில் பேச்சு அல்லது பாட்டுகளை, ஏன்? தந்திக் குறிகளைக் கூட ஒலிபரப்பும்போது அவை எந்தவித மாற்றமும் இன்றிப் பரப்பப்படுகின்றன. ஆனல், ராடாரில் ஒரு கட்டுப்பாட்டிற்குட்பட்ட மாற்றம் ஒரு விதியாகவே ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது எனவே, ராடாரில் ஒலிபரப்பப்படும் அலைகள் ஏறக்குறைய ஒரு நீண்ட சதுர வடிவத்திலேயே அமைகின்றன.

ராடார் பரப்பி குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளில் துடிப்புகளை (pulses) வெளிவிடுகின்றது. இந்தத் துடிப்புகள் ஏறக்குறைய நீண்ட சதுர வடிவத்திலேயே இருக்கின்றன. ஒரு துடிப்பு வெளி விடப்படுகின்ற நேரத்திற்கும், அது ஒரு பொருளில் பட்டு

எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியை (receiver) வந்து அடைகின்ற நேரத்திற்கும் உள்ள இடைவெளியை அளக்கவேண்டும். இதற்கு ஒரு நேர்கோட்டுக் காலவடி (linear time base) பயன்படுகின்றது. விடை, அதாவது அளக்கவேண்டிய ஒரு பொருளின் தூரம் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் ஒளிர்திரையில் சுலபமாக அறியும்படி கிடைக்கிறது.

ராடாரைப்பற்றி அறிய மின்குழாய்கள், மின்சுற்றுகள், அலை வியற்றிகள், திருத்திகள், கலக்கிப் பிரித்தல் முறை, எதிர்மின் கதிர்க் குழாய் ஆகியவற்றைப்பற்றியும் நாம் ஓரளவு தெரிந்து கொள்ள வேண்டியது அவசியம்.

மாதிரி வினாக்கள்

1. ராடாரின் தத்துவத்தைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?
2. 'விஞ்ஞானத்தின் விந்தைகளில் ராடாரும் ஒன்று.' இந்தக் கருத்தை விவாதத்திற்குக் கொண்டு வருக.

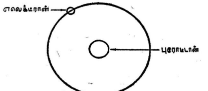
2. அணுவின் அமைப்பு

(Structure of the atom)

பொருள்களின் அமைப்பைப்பற்றி விஞ்ஞானிகள் நெடுங்காலமாக ஆராய்ந்து வந்திருக்கின்றனர். கி. மு. ஐந்தாம் நூற்றுண்டில் கிரேக்க விஞ்ஞானிகள் அனக்சகோரஸ், டிமாக்ரிட்டஸ் முதலியோர் பொருள்கள் யாவும் பகுக்கப்பட முடியாத வெகு சிறிய அணுக்களால் ஆனவை என்று நம்பினர். இதையே அவர்களுக்குப் பின்னுல் வந்த டால்டன் என்பாரும் வலியுறுத்தினர். கி. பி. 1815-ல் பிரௌட் (Prout) என்பவர் எல்லாத் தனிமங்களும் (elements) ஹைட்ரஜன் அணு எடையின் முழு எண் மடங்குகளால் ஆனவை என்று கூறினர். ஆனல், நாளடைவில் அணு எடைகள் திருத்தமாக அளக்கப்பட்டபொழுது அவற்றில் பல முழு எண்களாக இல்லையென்று தெரியவந்தது. அதனுல் பிரௌட்டின் கொள்கை கைவிடப்பட்டது. பிற்காலத்தில் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகள் முன்னேற்றமடைந்தபொழுது அதே கொள்கை பல மாற்றங்களுடன் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

சென்ற நூற்றைம்பது ஆண்டுகளாகப் பொருள்களின் அமைப்பைப்பற்றி அறிஞர்கள் கண்ட முடிவுகள் பெரும் வியப்பிற்குரியவை. அணுவின் அமைப்பு ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தை ஒத்திருக்கவேண்டும் என்று கருதினர். சூரியன் ஒரு விண்மீன். இவ் விண்மீனைச் சுற்றிப் பலகோள்கள் நீள்வட்டங்களில் (ellipses) ஓடுகின்றன. இதைப்போலவே எந்த அணுவிலும் இயற்கை காட்சி தருகிறது. ஒரு பொருளைப் பிரித்துக்கொண்டே செல்லும் பொழுது கடைசியாக மேலும் பிரிக்கமுடியாத நுண்ணிய தனித்த பண்புகள்வாய்ந்த பொருள்கள் தனிமங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய தனிமங்கள் இயற்கையில் தொண்ணூற்றிரண்டு வகைகள் உள்ளன. மேலும் விஞ்ஞானிகள் பதினொரு வகைப் புதிய தனிமங்களை உண்டாக்கியுள்ளனர். இயற்கையில் கிடைக்கின்ற தனிமங்களுள் முதல் தனிமம்

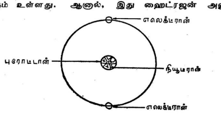
ஹைட்ரஜன். இத் தனிமத்தின் அணு மிக எளிய அமைப்பைக் கொண்டது. இந்த அணுவின் உள்ளே புரோட்டான் (proton) என்ற கரு அமைந்துள்ளது. புரோட்டானைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான் வலம் வருகின்றது. புரோட்டான், எலெக்ட்ரான் ஆகியவற்றின் அமைப்பு, படம் 2·1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 2·1

ஹைட்ரஜன் அணுவின் அமைப்பு

புரோட்டான், எலெக்ட்ரான் ஆகியவை அடிப்படைத் துகள்களாகும். இவை நிறை (mass), மின்னூட்டம் (charge) முதலியவற்றில் மாறுபடுகின்றன. அணுவின் உட்கருவில் புரோட்டனுடன்கூட நியூட்ரான் (neutron) என்ற வேறு ஒரு பொருளும் உள்ளது. ஆனால், இது ஹைட்ரஜன் அணுவில்



படம் 2·2

ஹீலியம் அணுவின் அமைப்பு

கிடையாது. மற்ற அணுக்களில் உண்டு. உதாரணமாக ஹீலியம் (helium) அணுவின் அமைப்பு, படம் 2.2-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

ஹீலியம் அணுவில் உட்கருவில் இரண்டு புரோட்டான்களும் இரண்டு நியூட்ரான்களும் உள்ளன. அவற்றைச் சுற்றி இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் வட்டப் பாதையில் வலம் வருகின்றன. இதைப் போலவே லித்தியம் அணுவின் உட்கருவில் மூன்று புரோட்டான்களும் நான்கு நியூட்ரான்களும் உள்ளன. நியூட்ரான்கள் மின்னூட்டம் அற்றவை. லித்தியம் அணுவின் உட்கருவைச் சுற்றி மூன்று எலெக்ட்ரான்கள் ஓடுகின்றன.

மேலே கூறியவற்றைப்போலவே தொண்ணூற்றிரண்டாவது தனிமமாகிய யுரேனியத்தில் (uranium) தொண்ணூற்றிரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் உட்கருவைச் சுற்றி வருகின்றன. யுரேனியம் அணுவின் உட்கருவில் தொண்ணூற்றிரண்டு புரோட்டான்களும், நூற்று நாற்பத்தாறு நியூட்ரான்களும் மிக வலிமையுடன் கட்டுண்டு நிற்கின்றன. இவ்வாறே எல்லாத் தனிமங்களிலும் இயற்கையின் ஆட்சி நிலவுகின்றது. மொத்தமாக உள்ள நூற்று மூன்று தனிமங்களையும் அவற்றின் குணங்களின் அடிப்படையில் இரஷ்ய விஞ்ஞானி மெண்டிலீஃப் (Mendeleef) என்பவர் வரிசைப் படுத்தினார். அன்று அவர் ஏற்படுத்திய தனிமங்களின் அட்டவணை பிற்காலத்தில் வந்த விஞ்ஞானிகளால் மாற்றப்பட்டும் வளர்ந்தும் வந்திருக்கின்றது.

எந்த ஒரு தனிமத்தின் அணுவிலும் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமாகும். புரோட்டான்கள் நேர் மின்னேற்றம் (positive charge) உடையவை. எலெக்ட்ரான்கள் எதிர் மின்னேற்றம் (negative charge) உடையவை. எனவே, இயல்பான நிலையில் உள்ள ஓர் அணு மின்னேற்றத்தில் நடுநிலை வகிக்கின்றது. ஓர் அணுவிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அல்லது எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அணு எண் (atomic number) எனப்படும். உட்கருவிலுள்ள நியூட்ரான், மின்னேற்றம் அற்றதாகும். ஓர் அணுவிலுள்ள புரோட்டான், நியூட்ரான் ஆகியவற்றின் மொத்த எடை அணு எடை (atomic weight) என்று அழைக்கப்படுகிறது. மின்னூட்டத்தில்தான் நியூட்ரான் புரோட்டானிலிருந்து மாறுபடுகின்றதேதவிர நிறையில் புரோட்டானும் நியூட்ரானும் சமமானவை. புரோட்டான், நியூட்ரான், எலெக்ட்ரான் ஆகியவற்றின் நிறை, மின்னூட்டம் முதலிய பண்புகள் அட்டவணை 2.1-ல் தொகுத்துத் தரப்பட்டுள்ளன.

அணுவின் உட்கருவைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான்கள் வட்டப் பாதையில் ஓடுகின்றன என்று பார்த்தோம். ஆனால், அவை யாவும்

அட்டவணை 2.1.

துகள்	நிறை (கிராம்)	மின்னூட்டம் (நிலைமின்சார அலகு)
புரோட்டான்	1.67239×10^{-24}	$+4.8029 \times 10^{-10}$
எலெக்ட்ரான்	9.1083×10^{-28}	-4.8029×10^{-10}
நியூட்ரான்	1.67470×10^{-24}	0

ஒரே வட்டப்பாதையில் ஓடவில்லை. ஓர் அணுவிலுள்ள பல்வேறு எலெக்ட்ரான்கள் பல்வேறு சுற்றுப் பாதைகளில் (shells) செல்லு கின்றன. முதல் சுற்றுப்பாதையில் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும், இரண்டாவது சுற்றுப்பாதையில் எட்டு எலெக்ட்ரான்களும், மூன்றுவது சுற்றுப்பாதையில் பதினெட்டு எலெக்ட்ரான்களும், நான்காவது சுற்றுப்பாதையில் முப்பத்திரண்டு எலெக்ட்ரான் களும் ஓடுகின்றன. மேலும் முதல் சுற்றுப்பாதை ஒரே சுற்றுப் பாதையாகவும், இரண்டாவது இரண்டு துணைச் சுற்றுப்பாதை களாகவும், மூன்றுவது மூன்று துணைச் சுற்றுப்பாதைகளாகவும் அமைந்துள்ளன. இவற்றைப்பற்றியெல்லாம் இங்கு விவரித்துக் கூற இயலாது.

அணுவின் உட்கருவிற்கு அருகேயுள்ள சுற்றுப்பாதைகளில் இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் அக் கருவுடன் மிக வலிமையாக ஈர்க் கப்பட்டு வலம்வருகின்றன. இவற்றில் கவர்ச்சி வலிமை அதிகம். கருவிலிருந்து அதிக தூரத்திலுள்ள சுற்றுப்பாதைகளில் இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் அவ்வளவு அதிகமான கவர்ச்சிக்கு உட்படு வதில்லை. இத்தகைய எலெக்ட்ரான்களின் உதவியால்தான் அணுக்களிடையே தொடர்பு உண்டாகி அதன் பயனுய்க் கூட்டுப் பொருள்கள் (compounds) உண்டாகின்றன. புறத்தே உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட அணுக்கருவுடனும் தொடர்புகொள்ளாது அணுக்களிடையே உலவுகின்றன. இவை புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் (valence electrons) என்றழைக்கப்படு கின்றன. இத்தகைய புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களே வெப்பம் (heat), மின்சாரம் (electricity) ஆகியவற்றைக் கடத்துகின்றன.

உலோகங்களில் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் மலிந்துள்ளன. எனவேதான் அலுமினியம், செம்பு, டங்ஸ்டன் முதலிய உலோ கங்கள் வெப்பத்தையும் மின்சாரத்தையும், எளிதாகவும் அதிக அளவிலும் கடத்துகின்றன. கரி (carbon) அலோகமாக இருந்த

போதிலும் மின்சாரத்தை நன்கு கடத்துகின்றது. கந்தகம் முதலிய பொருள்களில் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் இல்லை என்றே கூறலாம். இவற்றைக் கடத்தாப் பொருள்கள் (non-conductors) அல்லது அரிதிற் கடத்திகள் (insulators) என்று அழைக்கின்றோம். இவ் விரண்டு வகைகளுக்கும் மேலாக இவற்றுக்கிடையான பண்புகள் உள்ள சில பொருள்களும் உள்ளன. இவற்றைக் குறை கடத்திகள் (semi-conductors) என்கிறோம். இவ் வகைக்கு உதாரணம் ஜெர்மேனியம் (germanium), பாஸ்பரஸ் (phosphorus) முதலியன ஆகும். செம்பு, அலுமினியம் போன்ற உலோகங்கள் கம்பிகளாக இழுக்கப்பட்டுக் கடத்திகளாகவும், குறை கடத்திகள் டிரான்சிஸ்டர்கள் (transistors) உருவாக்கவும் பயன்படுகின்றன.

மாதிரி வினாக்கள்

1. அணுவின் அமைப்பைப்பற்றி ஒரு கட்டுரை வரைக.

2. சிறு குறிப்பு வரைக :

   (a) அணு எண்ணும் அணு எடையும்.

   (b) புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள்.

   (c) குறை கடத்திகள்.

3. எல்லாத் தனிமங்களின் அணுக்களும் பல அடிப் படைத் துகள்களால் ஆனவை. அவற்றில் முக்கியமான மூன்றைக் குறிப்பிடுக. இந்த மூன்றில் எந்த இரண்டு துகள்கள் அணுக் கருவில் உள்ளன ? மின்னூட்டமில்லாத துகள் யாது ?

3. ரேடியோ அலைகள்

(Radio Waves)

தந்தி, டெலிபோன் முதலியவை நமக்கு மிகவும் பழக்கமாகி விட்டபடியால் அவற்றைக் கண்டுபிடிப்பதில் விஞ்ஞானிகள் அனுபவித்த சிரமங்களை நாம் உணர்வதில்லை. ஆனால், ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி ஆகியவை இன்னும் புதுமையாகவே இருந்துவருகின்றன.

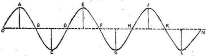
ஒலி அலைகள் காற்றில் ஒரு விநாடிக்கு 1,120 அடி வேகத்தில் செல்வதாகப் பார்த்தோம். இக் காலத்திய போர் விமானங்கள், ஜெட் விமானங்கள் ஆகியவற்றின் வேகத்துடன் ஒப்பிடும்போது ஒலியின் வேகம் மிகமிகக் குறைவு. எனவே, ஒலி அலைகளை ராடாரில் பயன்படுத்த முடியாது. ஆனால், ரேடியோ அலைகள் அல்லது மின்காந்த அலைகள் (electromagnetic waves) ஒரு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல் வேகத்தில் செல்லுகின்றன. எனவே, மின்காந்த அலைகளை ராடாரில் பயன்படுத்துகின்றனர். மின்காந்த அலைகள் மின்காந்த ஆற்றலினால் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

மாக்ஸ்வெல் (Maxwell) என்ற புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானி தமது கணிப்பின் முடிவில் மின்காந்த இறக்கத்தின் (electromagnetic discharge) விளைவாக மின்காந்த அலைகளை உண்டுபண்ணலாம் என்று முடிவு செய்தார். 1887ஆம் ஆண்டில் ஹெர்ட்ஸ், மாக்ஸ்வெலின் முடிவு சரியானது என்று நிரூபித்துக் காட்டினார். ஹெர்ட்ஸ், இரண்டு மின்கம்பிச் சுருள்களைச் சிறிது தூரத்தில் வைத்து ஒன்றினுள் மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினார். உடனே மறு சுருளில் மின்சாரம் ஒரு தீப்பொறி வடிவமாகத் தாண்டிக் குதித்தது. தீப்பொறிகள் தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் விட்டுவிட்டு உண்டாயின. இவையே மாக்ஸ்வெலின் மின்காந்த அலைகளாகும். ஹெர்ட்ஸ் அவ் வலைகளின் அதிர்வு எண் (frequency), அலை நீளம் (wave length) ஆகியவற்றைக் கணித்தார்.

அவற்றிற்கு ரேடியோ அலைகள் என்று பெயர் சூட்டினர். மின்சார அலைகளைக் கம்பியின் உதவியின்றியே ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குச் செலுத்தி வெற்றி கண்டார். மேலும் பல சோதனைகள் நடத்தி ஹெர்ட்ஸ் மின்சார அலைகளை ஒலி அலைகளைப்போல் திருப்பியும் விலகச் செய்தும், இவை ஒலி அலைகளைப் போன்றவை என்று நிரூபித்தார். ஹெர்ட்ஸின் சிறந்த கண்டுபிடிப்புகள் ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி ஆகியவற்றிற்கு வழிகாட்டியாக அமைந்தன.

விளக்கிலிருந்து ஒளி அலைகள் பரவுகின்றன. மருத்துவர்கள் பயன்படுத்தும் சில தனிவகை விளக்குகளிலிருந்து நம் கண்ணுக்குப் புலனாகாத புற ஊதாக் கதிர்களும் (ultra violet rays) புறச் சிவப்புக் கதிர்களும் (infra red rays) வீசப்படுகின்றன. நெருப்பிலிருந்து வெப்பக் கதிர்வீசல் நடைபெறுகின்றது. எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து எக்ஸ்-கதிர்கள் (X-rays) தோன்றுகின்றன. ரேடியம் (radium) போன்ற பொருள்களிலிருந்து தாமாகவே காமாக் கதிர்கள் (gamma rays) வெளிவருகின்றன. இவ்வாறு பலவிதமாக அலைகள் இருக்கக் காண்கிறோம். மின்காந்த அலைகளைப்பற்றிக் கூறிய மாக்ஸ்வெல் இக் கதிர் வீச்சுகள் யாவும் ஒரே வகையைச் சார்ந்தவை என்றும், ஒரே பண்புடையவை என்றும், ஒரே வேகத்தில் பரவுகின்றவை என்றும், இவை யாவும் மின்காந்த அலைகளே என்றும் கூறினர். இந்த அலைகள் யாவும் ஒரு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல் வேகத்தில் பரவுகின்றன.

ஒரு நீர்ப்பரப்பின் நடுவில் ஒரு கல்லைப் போடுவதாகக் கொள்வோம். நீர்ப்பரப்பில் அலைகள் உண்டாகிப் படம் 3·1-ல் காட்டிய படி முகடுகளும் (crests) அகடுகளும் (troughs) உண்டாகின்றன.



படம் 3-1

நீர்ப்பரப்பில் அலைகளின் அமைப்பு

இவை கல் விழுந்த இடத்திலிருந்து உருவாகி ஒன்றன்பின் ஒன்றாக எல்லாத் திசைகளிலும் சென்றுகொண்டே இருக்கின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட முகடு ஒரு வினாடியில் செல்லும் தூரம் அலையின் வேகம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. அடுத்தடுத்த இரு முகடுகள் அல்லது இரு அகடுகள் ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தூரத்தை அலைநீளம் என்கிறோம். ஒரு வினாடியில் ஒரு குறிப்பிட்ட முகடு செல்லுகின்ற தூரத்தில் எத்தனை முகடுகள் இருக்கின்றனவோ அதை அதிர்வு எண் என்கிறோம். அலை வேகம், அலைநீளம், அதிர்வு எண் ஆகியவை அலையின் அடிப் படைப் பண்புகளாகும். அலை நீளத்தையும் அதிர்வு எண்ணை யும் பெருக்கிவரும் பெருக்கற் பலன் அலைவேகமாகும் அலை வேகத்தை C என்ற எழுத்தாலும், அதிர்வு எண்ணை n என்ற எழுத்தாலும், அலை நீளத்தை λ (Lamda) என்ற எழுத்தாலும் குறித்தால் $C=n\lambda$ என்ற வாய்பாடு இவை மூன்றிற்குமிடையே யுள்ள தொடர்பைக் குறிக்கும்.

மின்காந்த அலைகள் யாவும் ஒரே வேகத்தில் செல்லுகின்றன என்று பார்த்தோம். அவற்றின் அதிர்வு எண் அதிகமானால் அலை நீளம் குறையும். அதிர்வெண் குறைந்தால் அலைநீளம் அதிகரிக் கும். மின்காந்த அலைகளைப்பற்றிய மற்றோர் உண்மையும் உண்டு. அலைகளின் வீச்சு (amplitude) அதிகரித்தால், அலைகளின் வலிமையும் (intensity) அதிகரிக்கும். உண்மையில் அலையின் வலிமையும் வீச்சின் இருமடியும் நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

மின்காந்த அலைவரிசையில் ஒரு மில்லிமீட்டர் முதல் 30,000 மீட்டர்வரை அலைநீளமுள்ள பல்வேறு பகுதிகள் உள்ளன. அவை, அவற்றின் அதிர்வெண், அலைநீளம், அவற்றைப் பயன் படுத்தும் சாதனங்கள் ஆகியவற்றைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணை 3.1-ல் காணலாம்.

அட்டவணை 3·1.

பகுதி	அடுக்கம் (அதிர்வு எண்)	அலை நீளம் (மீட்டர்)	பயன்
மிகக் குறைந்த அடுக்கம் (Very low frequency)	10^4 3×10^4	3×10^4 10^4	மொபைல் ரேடியோ (Mobile Radio)
குறைந்த அடுக்கம் (Low frequency)	3×10^5	10^3	மொபைல் ரேடியோ ரேடியோ வழிப்படுத்தல் (Radio Navigation)

அட்டவணை 3.1. (தொடர்ச்சி)

மத்திய அடுக்கம் (Medium frequency)	3×10^{6}	10^{2}	வானொலி
அதிக அடுக்கம் (High frequency)	3×10^{7}	10^{1}	அணைத்துலக வானொலி அமெச்சூர் வானொலி அணுக்கரு ஆராய்ச்சி
மிக அதிக அடுக்கம் (Very high fequency)	3×10^{8}	$1=10^{0}$	தொலைக் காட்சி (Television)
மிகப் பெரும் அதிக அடுக்கம் (Ultra high frequency)	3×10^{9}	$\frac{1}{10}=10^{-1}$	ரேடியோ வானியல் (Radio Astronomy)
மைக்ரோ அலைகள் (Micro waves)	3×10^{11}	$\frac{1}{1000}=10^{-3}$	ராடார் (Radar)

மாதிரி வினக்கள்

1. மின்காந்த அலைகளைப்பற்றி நீ அறிவது யாது?

2. மின்காந்த அலைகள் பரப்பில் வானொலி, தொலைக்காட்சி, ராடார் ஆகியவற்றில் பயன்படும் அடுக்கங்களையும் அவற்றின் அலை நீளங்களையும் தொகுத்து வரைக.

3. சிறு குறிப்பு வரைக:
   (a) மின்காந்த அலைகளின் அடுக்கம், அலைநீளம், வீச்சு.
   (b) புற ஊதாக் கதிர்களும் புறச் சிவப்புக் கதிர்களும்.
   (c) அகடுகளும் முகடுகளும்.

4. மின்னோட்டம்

(Current)

நீர் உயர்ந்த இடத்திலிருந்து பள்ளத்தை நோக்கி ஓடி வருகிறது. நீரோட்டம் இருக்கவேண்டுமானால் நீர்மட்ட வேறுபாடுவேண்டும். இதைப்போலவே ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டம் நிகழ வேண்டுமானால் குறிப்பிட்ட இரு புள்ளிகளுக்கிடையில் மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential difference) வேண்டும். இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு மின் -இயக்கு விசையினால் (electro-motive force) ஏற்படுகிறது. இந்த மின்-இயக்கு விசை மின்கலங்களிலிருந்தும், டைனமோக்களிலிருந்தும் பெறப்படுகின்றது. வோல்ட்டா மின்கலம் (voltaic cell), லெக்லாஞ்சி மின்கலம் (leclanche cell), பசை மின்கலம்(dry cell), சேமக்கலம் (accumulators) ஆகியவற்றில் மின்னோட்டம் எப்போதும் ஒரே திசையிலேயே நிகழ்கிறது. எனவே, அதற்கு ஒருதிசை மின்னோட்டம் (direct current) என்று பெயர்.

மின்னோட்டத்தைப்பற்றிப் பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலிருந்தே விஞ்ஞானிகள் அறிந்து வந்திருக்கின்றனர். ஆயினும், மின்னோட்டத்தின் உண்மையான விளக்கம் இந்த நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில்தான் கிடைத்தது. எலெக்ட்ரானின் ஓட்டமே மின்னோட்டமாகும். நாம் ஒரு புகைவண்டியில் அமர்ந்து செல்லும்போது வெளியிலுள்ள மரங்கள் எதிர்த்திசையில் ஓடுவது போல் தோன்றுகின்றன. ஆனால், உண்மையில் புகைவண்டிதான் ஓடுகிறது. அதைப்போலவே மின்னோட்டத்திலும் எலெக்ட்ரான்கள்தாம் ஓரிடத்திலிருந்து பிறிதோர் இடத்திற்கு ஓடுகின்றன. சாதாரணமாக நேர்மின்வாயிலிருந்து, எதிர்மின்வாய்க்கு மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது என்று கூறினாலும் உண்மையில் எலெக்ட்ரான்கள்தாம் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்கு ஓடுகின்றன என்று விஞ்ஞானம் கூறுகின்றது.

மின்னியக்கு விசையினால் மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகி மின்னோட்டம் நிகழ்கின்றது. இந்த மின்னியக்கு விசை வோல்ட் (volt) என்ற அலகினால் அளக்கப்படுகிறது. மின்னியக்கு விசையினை அளக்கும் கருவி வோல்ட் மீட்டர் ஆகும். மின்னோட்டத்தின் அலகு ஆம்பியர் (ampere) ஆகும். மின்னோட்டத்தை அளக்கும் கருவி அம்மீட்டர் எனப்படும். இவ்வாறு ஒரு மின்கலம், மின்னோட்டப் செல்லவேண்டிய பகுதி இவைகளைக் கம்பிகளால் இணைக்கும்போது அந்தச் சுற்றில் செல்லும் மின்னோட்டம் மின்கலத்தின் இயக்கு விசையைப் பொறுத்தது. வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும்போது மின்னியக்கு விசையும் மின்னோட்டமும் நேர்விகிதத்திலுள்ளன. மின்னோட்டம் நிகழும் பகுதியான மின்கடத்தி மின்னோட்டத்தை ஓரளவு தடைசெய்யும். மின்கடத்தியின் இந்தப் பண்பினை மின்தடை (electrical reisistance) என்று சொல்லுகிறோம். இந்த மின்தடை ஓம் (ohm) என்ற அலகால் குறிக்கப்படுகிறது. மின்தடையினை ஒரு நெளிவுக்கோட்டால் (__ΛΛΛΛ__) குறிப்பிடுகிறோம்.

மின்னோட்டத்திற்குக் காரணமான மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னோட்டம், மின்தடை ஆகியவை மின்னியலில் மூன்று அடிப்படை உண்மைகளாகும். இவற்றை முறையே E, C, R என்ற குறியீடுகளால் குறிப்பிட்டால் $E = CR$ என்ற எளிய சமன்பாடு பெறப்படுகிறது. இது ஓம் என்ற விஞ்ஞானி கண்ட வாய்பாடு ஆகும். இதையே ஓமின் விதி (Ohm's law) என்கிறோம்.

ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழும்போது மின்திறன் (electrical power) உருவாகிறது. மின்திறன், மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் ஆகிய இரண்டின் பெருக்கற்பலனுக்குச் சமமாகும். மின்திறன், வாட் (watt) என்ற அலகினால் அளக்கப்படுகிறது. இதையே நடைமுறை அலகாக 'கிலோ வாட் அவர்' (kilo watt hour) என்று கூறுகிறோம். இதனை ஒரு யூனிட் (unit) என்றும் அழைக்கிறோம். மின்சார மீட்டர்கள் நாம் உபயோகிக்கும் மின் ஆற்றலை இந்த யூனிட் கணக்கிலேயே காண்பிக்கின்றன.

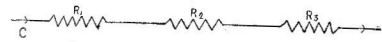
ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழும்போது, அக்கடத்தி மின்னோட்டத்தைத் தடைசெய்கிறது என்று பார்த்தோம். இந்த மின்தடை தனிமத்திற்குத் தனிமம் மாறுபடுகின்றது. ஒரு தனிமத்தின் மின்தடை அதிலுள்ள புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது. மேலும் கடத்தியின் நீளம், குறுக்களவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்தும் மின்தடை அமைகின்றது. ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் நீளத்திற்கு நேர்

விகிதத்திலும் குறுக்களவிற்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும். கடத்தியின் நீளம் அதிகமானாலும், குறுக்களவு குறைந்தாலும் மின் தடை அதிகமாகும்.

மேலே சொல்லப்பட்ட தத்துவங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட மின்தடைகளை இணைத்துக் கூடுதலான மின்தடையையோ அல்லது குறைவான மின்தடையையோ அடையலாம். மின்தடைகள் பொதுவாக இரண்டு விதங்களில் இணைக்கப்படுகின்றன: 1. தொடர் இணைப்பு முறை (series grouping), 2. பக்க இணைப்பு முறை (parallel grouping).

தொடர் இணைப்பு முறை :

இம் முறையில் ஒரே மின்னேட்டம் கடத்திகளின் மூலம் பாயும் வண்ணம் அவைகளின் ஒன்றின் முனையோடு மற்றொன்றின் முனை இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்தடைகள் R_1, R_2, R_3 அளவுள்ள மூன்று கடத்திகளைத் தொடர் இணைப்புமூலம் சேர்த்திருப்பதாகக் கொள்வோம். அக் கடத்திகளின் வழியே C ஆம்பியர் மின்னேட்டம் செல்வதாகக் கொள்வோம். R_1, R_2, R_3 இவைகளின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தவேறுபாடுகள் V_1, V_2, V_3 எனக் கொள்வோம்.



படம் 4-1

தொடரிணைப்பு முறை

V என்பது இணைப்பின் இருமுனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின் மட்ட வேறுபாடானால்,

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ஆனால் $V_1 = CR_1$, $V_2 = CR_2$, $V_3 = CR_3$

R என்பது R_1, R_2, R_3-க்கு இணைமாற்றுத் (equivalent) தடை ஆனால், $V = CR$

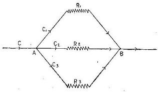
எனவே, $CR = CR_1 + CR_2 + CR_3$.

அதாவது, $R = R_1 + R_2 + R_3$.

தொடர் இணைப்பில் இணைமாற்றுக் கடத்திகளின் தடை மின்தடைகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

பக்க இணைப்பு முறை :

இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற்பட்ட கடத்திகளின் ஒரு பக்க முனைகளை ஒரு புள்ளியிலும் மற்றப் பக்க முனைகளை வேறொரு புள்ளியிலும் இருக்குமாறு இணைத்தால் அம் முறை பக்க இணைப்பு முறை எனப்படும். இம் முறைகளில் ஒவ்வொரு கடத்தியின் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரே அளவினதாக இருக்கும். ஆனல் அவற்றில் பாயும் மின்னோட்டங்கள் வெவ்வேறு அளவினவாக இருக்கும்.



படம் 4-2.

பக்க இணைப்பு முறை

AB என்ற புள்ளிகளுக்கிடையே படத்தில் காட்டியபடி R_1, R_2, R_3 என்ற மூன்று மின்தடைகளை இணைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். A என்ற புள்ளியில் போகும் மின்னோட்டம் C ஆம்பியர் C_1, C_2, C_3 என மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரிந்து முறையே R_1, R_2, R_3 வழியே சென்று மீண்டும் B என்ற புள்ளியில் ஒன்று சேருகின்றன.

ஆகவே,

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

ஒவ்வொரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V வோல்ட் என்றால், ஓமின் விதிப்படி

$$C_1 = \frac{V}{R_1},\ C_2 = \frac{V}{R_2},\ C_3 = \frac{V}{R_3}$$

R என்பது R_1, R_2, R_3க்கு இணைமாற்றுத் தடையானால்

$$V = CR \text{ அல்லது } C = \frac{V}{R}.$$

$$\text{ஆகவே, } \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\text{அல்லது } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

பக்க இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்ட தடைகளின் இணைமாற்றுத் தடை கடத்திகளின் தனித்தனி மின்தடையைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

செயல் முறையில் பலவகை மின்தடைகள் வந்துள்ளன. கரித்தூள் (carbon) மின்தடை, உலோகக் கம்பி (wire wound). மின் தடை ஆகியவை முக்கியமானவையாகும். முதல் வகையில் கடத்தாப் பொருளாலான ஒரு சிறு குழாயில் கரித்தூள் திணிக்கப்பட்டு இருமுனைகளிலும் கம்பி இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கரித்தூள் மின்தடையின் உடலின் நிறத்தைக் கொண்டும், ஒரு முனையின் நிறத்தைக் கொண்டும் உடலிலுள்ள புள்ளியின் நிறத்தைக் கொண்டும் மின்தடையின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். இந்த வரிசை முறையை *BED* என்ற வார்த்தையினால் ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொள்ளலாம். இங்கு *B*—Body என்ற சொல்லையும், *E*—End என்ற சொல்லையும், *D*—Dot என்ற சொல்லையும் குறிக்கும். இது பழைய முறையாகும். புதிய முறையில் மின் தடையின்மேல் வெவ்வேறு நிறங்களில் மூன்று வளையங்கள் இருக்கும். முதல் வளையம் ஓர் இலக்கத்தையும், இரண்டாவது வளையம் அடுத்த இலக்கத்தையும் மூன்றாவது வளையம் சேர்க்க வேண்டிய சுழிகளையும் (zeroes) குறிக்கும்.

பல்வேறு நிறங்களும், அவற்றிற்கான இலக்கங்களும் கீழே யுள்ள அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன.

நிறம்	இலக்கம்	இலக்கம்	சுழிகள்
கறுப்பு (Black)	உபயோகிப் பதில்லை	0	உபயோகிப்பதில்லை
பழுப்பு நிறம் (Brown)	1	1	0
சிவப்பு (Red)	2	2	00
ஆரஞ்சு (Orange)	3	3	000
மஞ்சள் (Yellow)	4	4	0000
பச்சை (Green)	5	5	00000
நீலம் (Blue)	6	6	000000
ஊதா (Purple)	7	7	உபயோகிப்பதில்லை
சாம்பல் (Grey)	8	8	உபயோகிப்பதில்லை
வெள்ளை (White)	9	9	உபயோகிப்பதில்லை

உதாரணம் :

ஒரு கரி மின்தடையில் சிவப்பு, பச்சை, மஞ்சளாலான மூன்று வளையங்களிருப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் மின்தடை 2–5–0000, அதாவது, 250,000 ஓம்களாகும். அதாவது $\frac{1}{4}$ மெக்-ஓம் ஆகும். இதுவே மற்ற முறையில் மின்தடையின் உடல் சிவப்பாகவும், முனை பச்சையாகவும், புள்ளி மஞ்சளாகவும் இருக்கும்.

மேலே சொல்லப்பட்டதைத் தவிர நான்காவதாக, தங்கம் அல்லது வெள்ளியின் நிறத்தில் ஒரு வளையம் கரி மின்தடைமீது இருக்கும். இது கரி மின்தடையின் தோராய அளவீட்டைக் கணக்கிட உதவும். இந்த வளையமே நான்காவது வளையமாக எண்ணப்படவேண்டும்.

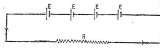
உலோகக் கம்பி மின்தடையில் அதிக மின்தடையுடைய யுரேக்கா (eureka), நைக்ரோம் (nicrome), மாங்கனின் (manganin) போன்ற உலோகங்களாலான மெல்லிய கம்பி முறைப்படி அநேக சுற்றுகளாகச் சுற்றப்பட்டு இரு முனைகளில் கம்பி இணைப்புக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

மேலே கண்டவைகளைத் தவிர ராடார் சாதனங்களில் பயன் படும் மின்தடைகளில் மேலும் இருவகை உண்டு. 1. மாறு மின்தடை (variable resistance), 2. மாறு மின்தடை (fixed resistance). இவைகளிலும் கரிமின்தடை, உலோகக் கம்பி மின் தடை என இருவகை உண்டு.

மின் கடத்திகளை இணைப்பதுபோலவே மின் கலங்களையும் இணைக்கலாம். பல மின் கலங்களை இணைப்பதால் ஒரு மின்கல அடுக்கு (battery) கிடைக்கிறது. மின்கலங்களையும் தொடர் இணைப்பு முறை, பக்க இணைப்பு முறை ஆகிய இரு முனைகளில் இணைக்கலாம்.

தொடர் இணைப்பு முறை (Series grouping):

இம் முறையில் முதல் மின்கலத்தின் எதிர்முனை இரண் டாவது மின்கலத்தின் நேர்முனையுடனும், இரண்டாவது மின் கலத்தின் எதிர்முனை மூன்றுவது மின்கலத்தின் நேர் முனை யுடனும், இவ்வாறாக அடுத்தடுத்து இணைத்து, முதல் மின்கலத் தின் நேர் முனையும், கடைசி மின்கலத்தின் எதிர்முனையும் ஒரு மின்தடையின் இரு முனைகளுடன் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக் கப்படுகின்றன.



படம் 4-3

மின்கலங்கள் தொடரிணைப்பு முறை

ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை E வோல்ட்டா கவும், அகமின்தடை (internal resistance) r ஓம்களாகவும் கொள் வோம். n மின்கலங்களைப் புறமின்தடை (external resistance) R ஓமுடன் இணைத்தால்,

மின்கல அடுக்கின் மொத்த மின்னியக்கு விசை $= nE$ சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= nr + R$

ஓமின் விதிப்படி சுற்றில் மின்னேட்டம் $C = \frac{nE}{nR+R}$

$r << R$ ஆனல்

$$C = \frac{nE}{R} = nC_1$$

r-ன் மதிப்பு R-வுடன் ஒப்பிடப்படும்போது மிக மிகச் சிறிய தாக இருந்தால் மின்கல அடுக்கு கொடுக்கும் மின்னேட்டம், ஒரு மின்கலம் கொடுக்கும் மின்னேட்டத்தைப்போல் n மடங்காகும்.

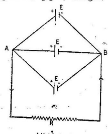
R-வுடன் ஒப்பிடும்போது r மிகப் பெரியதாக இருந்தால்,

$$C = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r}$$

இது ஒரு தனி மின்கலம் கொடுக்கும் மின்னேட்டமாகும். எனவே, புறமின் தடையின் மதிப்போடு ஒப்பிடும்போது மின்கலங் களின் கூட்டு அகமின்தடை மிகச் சிறியதாக இருந்தால்தான் தொடர் இணைப்புமூலம் பலனுண்டு என்று அறிகிறோம்.

பக்க இணைப்பு முறை (Parellel grouping) :

இந்த வகை இணைப்பில் எல்லா மின்கலங்களின் நேர் முனைகள், ஒரு புள்ளியிலும், எதிர் முனைகள் ஒரு புள்ளியிலும் இணைக்கப்பட்டு இவ் விரண்டு புள்ளிகள் மின்கல அடுக்கின் நேர் எதிர் முனைகளாகக் கொள் ளப்படுகின்றன.



படம் 4·4
மின்கலங்கள்
பக்க இணைப்பு முறை

m எண்ணிக்கையுள்ள மின் கலங்களைப் படத்தில் காட்டியபடி A, B என்ற இரு புள்ளிகளுக் கிடையில் இணைத்து A யையும் B யையும் R என்ற ஒரு புற மின் தடையின் இரு முனைகளுடன் இணைத்திருப்பதாகக் கொள் வோம். ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை E எனவும், அகமின்தடை r எனவும் கொள் வோம்.

மின்கல அடுக்கின் இணைமாற்று மின்தடை $\frac{r}{m}$ மின்சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= R + \frac{r}{m}$. மொத்த மின்னியக்கு விசை A, B என்ற இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னியக்கு விசையாகும். இது E-க்குச் சமம். எனவே, மின்சுற்றில் மின்னோட்டம்

$$C = \frac{\text{மொத்த மின்னியக்கு விசை}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

$$C = \frac{E}{\frac{r}{m} + R} = \frac{mE}{r+mR}$$

புறமின்தடை R வுடன் ஒப்பிடும்போது அகமின்தடை r மிகமிகப் பெரியதானால்,

$$C = \frac{mE}{r} = mC,$$

இவ்வாறு மின்கல அடுக்கிலிருந்து புறமின்தடை வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் ஒரு மின்கலத்திலிருந்து கிடைக்கும் மின்னோட்டத்தைப்போல் m மடங்காகும்.

புறமின் தடை Rவுடன் ஒப்பிடும்போது அகமின்தடை r மிகமிகச் சிறியதானால்,

$$C = \frac{mE}{m\text{R}} = \frac{E}{\text{R}} = C_1$$

அதாவது மின்கல அடுக்கிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னோட்டம் ஒரு தனி மின்கலத்திலிருந்து கிடைக்கும் மின்னோட்டத்திற்குச் சமம்.

மின்கலங்களில் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம் எதிர்மின் வாயிலிருந்து நேர்மின் வாய்க்கு நிகழ்வதால் மின்னோட்டம் நேர் மின்வாயிலிருந்து எதிர்மின் வாய்க்குச் செல்லுகிறது என்று பார்த்தோம். இவ்வாறு ஒரே திசையில் நிகழும் மின்னோட்டத் திற்கு ஒருதிசை மின்னோட்டம் (direct current) என்று பெயர். ராடாரில் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம் அடிக்கடி எதிரெதிராகத் திசைமாறிக்கொண்டேயிருக்கின்ற ஒரு நிலையை நாம் காண்கிறோம். இத்தகைய மின்னோட்டம் மாறுதிசை மின்னோட்டம் (alternating current) எனப்படும். இவை இரண்டு வகையைத் தவிர வேறொருவகை மின்னோட்டமும் உண்டு. அதில் எலெக்

ரானின் இயக்கத்திசை மாருமல் மின்னோட்டத்தின் வலிமை மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். அது மாறுபடுமின்னோட்டம் (varying current) எனப்படும். இத்தகைய மாற்றம் ஒழுங்காகத் தொடர்ந்து நிகழ்ந்தால் அதைத் துடிப்பு மின்னோட்டம் (pulsating current) என்று கூறுவர்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

(1) இரு மின்தடைகளைத் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கும்போது அவற்றின் இணைமாற்று மின்தடை 5 ஓம்கள் ஆகும். அவற்றைப் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைத்தால் இணைமாற்று மின்தடை 1·2 ஓம்கள். கடத்திகளின் மின்தடையைக் காண்க.

கடத்திகளின் மின்தடை r_1, r_2 ஆக இருக்கட்டும்.

$$r_1 + r_2 = 5 \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{7}{1\cdot 2} \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

(2) லிருந்து $\frac{r_1 + r_2}{r_1 r_2} = \frac{1}{1\cdot 2}$

அதாவது $\frac{5}{r_1 r_2} = \frac{1}{1\cdot 2}$

$$\therefore \; r_1 \, r_2 = 6 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

$\therefore \; r_1 = 3$ ஓம்கள், $r_2 = 2$ ஓம்களாகும்.

2. ஒரு மின் சுற்றில் 1·5 வோல்ட் மின்னழுத்தமுள்ள ஒரு மின்கலமும் ஒரு மின்தடையும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுற்றில் மின்னோட்டம் 0·2 ஆம்பியரானுல் மின்தடையைக் கணக்கிடு.

$$\text{மின்தடை} = \frac{\text{மின் இயக்குவிசை}}{\text{மின்னோட்டம்}} = \frac{1\cdot 5}{\cdot 2} = 7\cdot 5$$

ஓம்களாகும்.

3. 5 ஓம்கள் என்று கருதப்பட்ட ஒரு மின்தடை உண்மையில் 5·04 ஓம்கள் உள்ளது. அந்த மின்தடையை அதன் உண்மையான மதிப்பு 5 ஓம்களுக்குக் கொண்டுவரவேண்டுமானுல் அதற்கு இணையாகச் சேர்க்கவேண்டிய மின்தடையைக் கண்டுபிடி.

இணையாகச் சேர்க்கப்படவேண்டிய மின்தடை R ஓம்கள் எனக்கொள்வோம்.

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{5 \cdot 04} + \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{5} - \frac{1}{5 \cdot 04} = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{5 \times 5 \cdot 04}{\cdot 04} = 630 \text{ ஓம்கள்}$$

4. ஒரு கரிமின்தடையில் பச்சை, சிவப்பு, மஞ்சளாலான மூன்று வளையங்கள் உள்ளன. அந்த மின் தடையின் மதிப்பைக் கண்டுபிடி.

பச்சை — 5

சிவப்பு — 2

மஞ்சள் — 0000.

மின்தடையின் மதிப்பு 520000 ஓம்களாகும்.

5. ஒவ்வொன்றும் 1·5 வோல்ட் மின்னழுத்தங்களும் 2 ஓம்கள் அகமின்தடையும் உடைய 24 மின்கலங்களை வெளி மின்தடை 3 ஓம்கள் வழியாக உச்ச அளவு மின்னோட்டம் நிகழும்படி எவ்வாறு இணைப்பாய்?

ஒவ்வொரு தொடரிலும் n மின்கலங்களையும் m தொடர்புகள் இருப்பதாகவும் கொள்வோம்.

$$nm = 24$$

$$\text{பயனுறு அகமின் தடை} = \frac{n \times 2}{m}$$

$$\text{பெருமளவு மின்னோட்டத்திற்கு } \frac{2n}{m} = 3 \text{ அல்லது}$$

$$2n = 3m$$

$$\text{எனவே, } \frac{3}{2}m^2 = 24 \text{ அல்லது } m = 4$$

$$n = 6$$

பெருமளவு மின்னோட்டத்திற்கு ஒவ்வொரு தொடரிலும் ஆறு மின்கலங்களை இணைக்கவேண்டும். இவ்வாறு 4 தொடர்கள் ஒன்றிற்கொன்று இணையாக இருக்கவேண்டும்.

மாதிரி வினாக்கள்

1. ஒரு கடத்தியிலுள்ள புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் தொடர்ந்து ஓடும்போது மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களை எவ்வாறு தொடர்ந்து ஓடும்படி செய்யலாம்?

2. ஒருதிசை மின்னோட்டத்தை எந்தெந்த மின்கலங்களிலிருந்து பெறலாம்?

3. மின்னியக்கு விசை, மின்னழுத்தபேதம் ஆகியவற்றை விளக்குக.

4. ஓமின் விதியைக் கூறுக. ஒரு கடத்தியின் மின்தடைக்கும் அதன் நீளம், குறுக்களவு, வெப்பநிலை ஆகியவற்றிற்கும் உள்ள தொடர்பு யாது?

5. மின்கடத்திகளின் தொடர் இணைப்பு முறை, பக்க இணைப்பு முறை ஆகியவற்றை விளக்கு.

6. ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சிக் கருவிகளில் கரிமின்தடையே அதிகமாகப்பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏன் ?

7. கரிமின்தடையில் பல்வேறு வண்ணங்களையும், அவை குறிப்பனவற்றையும் விளக்குக. ஒரு கரிமின்தடையின் மதிப்பை எவ்வாறு கணக்கிடுவாய்?

8. மின்தேக்கிகளைத் தொடரிணைப்புமுறை, பக்க இணைப்பு முறை ஆகியவற்றில் சேர்க்கும் முறையை விவரி.

5. மின் தூண்டல்

(Electro - Magnetic Induction)

ஒரு கடத்தியினடியில் ஒரு காந்த ஊசியைச் சுழல் தானத்தில் வைத்து அக் கடத்தியின் வழியே மின்சாரத்தைச் செலுத்தினுல் காந்த ஊசி திரும்புவதைக் காணலாம். இதிலிருந்து அந்தக் கம்பியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப் புலம் (magnetic field) உருவாகின்றது என அறிகின்றோம். இந்த உண்மையை ஓர்ஸ்டெட் (Orsted) என்ற விஞ்ஞானி முதன்முதலில் 1820-ல் கண்டு பிடித்தார். கம்பியின் வழியே மின்சாரம் செல்லும்பொழுது காந்த ஊசி திரும்பும் திசையை ஆம்பியரின் நீச்சல் விதி (ampere's swimming rule) கூறுகின்றது.

ஆம்பியரின் நீச்சல் விதி (Ampere's swimming rule) :

ஒரு கம்பியின் வழியே அதில் செல்லும் மின்சாரத்தின் திசையில் ஒருமனிதன் காந்த ஊசியைப் பார்த்தவண்ணம் நீந்துவதாகக் கொண்டால் ஊசியின் வடமுனை (north pole) எப்பொழுதும் அவனது இடப்புறமாகவேதான் திரும்பும்.

மேக்ஸ்வெல்லின் தக்கைத் திருகு விதி (Maxwelle's Cork-Screw rule)

ஒரு வலம்புரித் (right handed) திருகின் நுனி மின்னோட்டத் தின் திசையில் நகருமாறு அதன் தலையைச் சுழற்றுவதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது திருகுத் தலையைச் சுழற்றும் திசையே கம்பியைச் சூழ்ந்துள்ள காந்தப்புல விசைக் கோடுகளின் திசை யாகும்.

வலக்கை விதி (Right hand rule) :

மின்சாரம் செல்லும் கம்பியைப் பெருவிரல் மின்னோட்டத் திசையில் அமைந்திருக்குமாறு வலக்கையில் நாம் பிடிப்போம். அப்பொழுது வளைந்துநிற்கும் பிற விரல்கள் காந்தப் புல விசைக் கோடுகளின் திசையைக் குறிக்கும்.

மின்தூண்டலின் சில முக்கியமான முடிவுகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன :

1. ஒரு கம்பியின்வழியாக மின்னேட்டம் பாயும்பொழுது அக் கம்பியைச்சுற்றி ஒரு காந்தப் புலம் உருவாகின்றது.

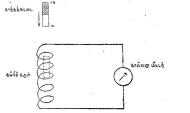
2. இந்தக் காந்தப் புலம் மின்னேட்டம் பாயும் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையிலிருக்கும்.

3. மின்னேட்டம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கக் காந்தப் புலத்தின் வலிமையும் அதிகரிக்கும்.

4. கடத்தியில் மின்னேட்டம் இருக்கும்வரைதான் காந்தப் புலமும் இருக்கும். மின்னேட்டம் நின்றுவிட்டால் அத்துடன் தொடர்பு கொண்டுள்ள காந்தப்புலமும் மறைந்துவிடும்.

மேலே கூறியவற்றிலிருந்து ஒரு கம்பியில் பாயும் மின்னேட்டத்திற்கும் அதனல் உருவாகும் காந்தப் புலத்திற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு உண்டென்பது புலனுகின்றது. அப்படியானுல் கம்பியோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்புலத்தை மாற்றினுல் கம்பியில் மின்னேட்டமும் மாறவேண்டுமல்லவா? ஆம். உண்மையில் அப்படித்தான் நிகழ்கின்றது.

கம்பிச் சுருள் ஒன்றினை ஒரு கால்வனு மீட்டருடன் (galvano meter) இணைத்துவிடுவோம். ஒரு காந்தக்கட்டையை



படம் 5·1

மின் தூண்டல்

எடுத்துத் திடீரெனக் கம்பிச்சுருளுக்குள் நுழைப்போம். உடனே கம்பிச்சுருளின் வழியாக மின்னேட்டம் ஏற்படுவதனைக் கால்வனு

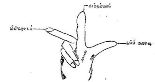
மீட்டர் காண்பிக்கும். இந்த மின்னோட்டம் நாம் காந்தக் கட்டையை நுழைக்கும்வரைதான் இருக்கும். அவ்வாறே காந்தக் கட்டையை வெளியே இழுத்தால் அப்போதும் ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்படும்.

இந்த மின்னோட்டம் முன்னதற்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கும்.

நாம் காந்தக் கட்டையைக் கம்பிச்சுருளினுள் நுழைக்கும் முன்னர்க் கம்பிச்சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் புலம் ஏதுமில்லை (பூமியின் காந்தப் புலம் தவிர). காந்தக் கட்டையை நுழைக்கும்போது அதன் காந்தப் புலம் கம்பிச்சுருளோடு தொடர்பு கொள்கின்றது. இதனால் கம்பிச்சுருளில் ஒரு மின் னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. அவ்வாறே காந்தக்கட்டையைக் கம்பிச்சுருளிலிருந்து வெளியே இக்கும்பொழுதும் அதோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் புலம் குறைகின்றது. எனவே, கம்பிச் சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் எதிர்த் திசையில் தூண்டப்படு கின்றது. இந் நிகழ்ச்சிக்கு மின்காந்தத் தூண்டுதல் (electro-magnetic induction) என்று பெயர்.

இதுவரை கண்டதிலிருந்து மின்னோட்டமும், காந்தப்புலமும் இணைபிரியாதன என்பதனையும், ஒன்றில் ஏதேனும் மாறுதல் ஏற் பட்டால் மற்றொன்றும் உடனே மாறுகிறது என்பதனையும் தெரிந்துகொள்கிறோம்.

ஒரு கம்பியில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தின் திசையை அறிவதற்கு ஃபிளெமிங் (Fleming) என்ற விஞ்ஞானியின்



படம் 5-2

ஃபிளெமிங்கின் வலக்கை விதி

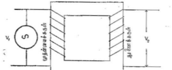
வலக்கை விதி (right hand rule) பயன்படுகின்றது. ஒருவர் தமது வலக் கையின் பெருவிரல், ஆள்காட்டி விரல், நடுவிரல்

மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்படி வைத்துக்கொள்ளவேண்டும்.

இப்போது ஆள்காட்டி விரல் (fore finger) காந்தப் புலத்தின் திசையையும், பெருவிரல் கம்பி அசையும் திசையையும் குறித்தால், நடுவிரல் மின்னோட்டம் செல்லும் திசையைக் காட்டும்.

மின்காந்தத் தூண்டலைப் பயன்படுத்தி மின்சாரம் உற்பத்தி செய்கின்றனர். இதற்குரிய சாதனம் டைனமோ (dynamo) வாகும். மின்கலங்களில் இரசாயன ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாறுகிறது. டைனமோவில் எந்திர ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாறுகிறது. டைனமோக்களில் இரு வகை உண்டு : 1. மாறுதிசை மின்னோட்ட டைனமோ (A.C. dynamo), 2. ஒரு திசைமின்னோட்ட டைனமோ (D.C. dynamo).

மின் காந்தத் தூண்டற் பலனின் உதவியால் மின்மாற்றி (transformer) என்னும் மற்றொரு கருவியும் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 5·3

மின்மாற்றி

ஒரு கம்பிச்சுருளின் வழியாக எலெக்ட்ரான்கள் திசை மாறிச் செல்லும்போது கம்பிச் சுருளைச் சுற்றியும் அதன் நடுவிலும் ஒரு மாறு காந்தப் புலம் உருவாகின்றது. இத்தகைய காந்தப் புலத்தில் வேறொரு கம்பிச் சுருளை முதல் சுருளைத் தொடாமல் வைத்தால், இரண்டாவது சுருளின் எலெக்ட்ரான் இயக்கம் தூண்டப்படும். அதாவது முதன்மைச் சுருளிலுள்ள மின்னோட்டம் இரண்டாவது சுருளில் ஒரு மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்தி அதனால் ஒரு மின்னோட்டத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. முதன்மைச்சுருள், துணைச்சுருள் ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்தது மின்மாற்றியாகும். இந்த இரண்டு சுருள்களையும் ஒன்றன்மேல்

ஒன்றுகவோ அல்லது ஒன்றுக்கொன்று அருகிலோ இருக்கும்படி அமைக்கலாம். சுருள்களுக்கு நடுவில் ஓர் இரும்புத் துண்டை வைத்து இணைப்பை (coupling) அதிகரிக்கலாம். துணைச் சுருளில் ஏற்படுகின்ற மின்னழுத்தத்தைக் கீழே கண்ட சமன்பாட்டினுல் பெறலாம்.

$$\frac{\text{துணைச் சுருளில் மின்னழுத்தம் } (Es)}{\text{முதன்மைச் சுருளில் மின்னழுத்தம் } (Ep)} = \frac{\text{துணைச் சுருளில் சுற்றெண்ணிக்கை } (Ns)}{\text{முதன்மைச் சுருளில் சுற்றெண்ணிக்கை } (Np)}$$

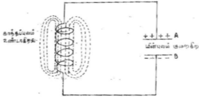
துணைச் சுருளின் சுற்றெண்ணிக்கை (Ns) முதன்மைச் சுருளின் சுற்றெண்ணிக்கை (Np)யைவிட அதிகமாக இருந்தால் துணைச் சுருளில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம் (Es) முதன்மைச் சுருளில் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்தை (Ep) விட அதிகமாக இருக்கும். அப்பொழுது அது ஏற்று மின்மாற்றி (step up transformer) என்று அழைக்கப்படுகிறது. துணைச் சுருளின் சுற்றெண்ணிக்கை முதன்மைச் சுருளின் சுற்றெண்ணிக்கையைவிடக் குறைவாக இருந்தால் துணைச் சுருளில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம் முதன்மைச் சுருளில் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும். அப்பொழுது மின்மாற்றியை, இறக்கி மின்மாற்றி (step down transformer) என்கிறோம். ஆகவே, மின் மாற்றிகளைக் கொண்டு மின்னழுத்தத்தை ஏற்றவோ, இறக்கவோ செய்யலாம்.

மின்மாற்றியின் மற்றொரு பயனுவது அதன் துணைச்சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்தடையின் மதிப்பை முதன்மைச் சுருளிலிருந்து பார்க்கும்போது குறைத்துக் காட்டுவதாகும். மேலும் முதன்மைச் சுருளிலும் துணைச்சுருளிலும் உள்ள மின்னழுத்தம் மாறுபட்டிருந்தாலும் இரு புறத்திலுமுள்ள மின்திறன் சமமாகவே இருக்கும். மின்னழுத்தம், மின்னேட்டம் இவைகளின் பெருக்கற் பலனே மின் திறனாக இருப்பதால் துணைச் சுருளில் மின்னழுத்தம் அதிகமானல் மின்னேட்டம் குறைந்தும் மின்னழுத்தம் குறையுமானல் மின்னேட்டம் அதிகரித்தும் அமையும். எனவே,

$$\frac{\text{துணைச் சுருளில் மின்னேட்டம்}}{\text{முதன்மைச் சுருளில் மின்னேட்டம்}} = \frac{\text{முதன்மைச் சுருளில் சுற்றெண்ணிக்கை}}{\text{துணைச் சுருளில் சுற்றெண்ணிக்கை}}$$

என்ற சமன்பாடு பெறப்படுகின்றது.

எனவேதான், ஒரு மின்னழுத்த ஏற்று மின்மாற்றி மின்னோட்ட இறக்கி மின்மாற்றி என்றும், மின்னழுத்த இறக்கி மின்மாற்றி மின்னோட்ட ஏற்று மின்மாற்றி என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. படம். 5. 4.ல் A, B என்னும் இரு உலோகத் தகடுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன.



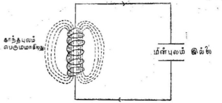
படம் 54

மின்புலம் குறைதலும், காந்தப்புலம் உண்டாதலும்

அவை ஒரு மின்கல அடுக்கின் நேர், எதிர் முனைகளுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. A நேர் மின்னேற்றமும் B எதிர் மின்னேற்றமும் பெறுகின்றன. இப்பொழுது மின் கல அடுக்கைத் துண்டித்தால் A, B யிலுள்ள மின்னேற்றங்களில் மாறுதலேற்படுவதில்லை. A யையும் B யையும் ஒரு செப்புக் கம்பிச்சுருளினால் இணைத்தால் B யிலுள்ள எதிர் மின்னேற்றம் கம்பிச்சுருள் வழியாக ஓடி A யை யடைந்து அதன் நேர் மின்னேற்றத்தைக் குறைக்கின்றது. இப்போது செப்புக் கம்பி வழியாக ஒரு மின்னோட்டம் நிகழ்கின்றது. A, B ஆகிய இரு தகடுகளின் மின்னேற்றமும் சமநிலையடையும்வரை இந்த மின்னோட்டம் பாயும். A, B யின் மின்னேற்றம் குறைந்துகொண்டே வருவதால் அவற்றுக் கிடையேயான மின்புலமும் படிப்படியாகக் குறைந்துகொண்டே வரும்.

கம்பிச் சுருள்வழியாக மின்னோட்டம் ஏற்படுவதால் அதைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகும் என்பது நாம் அறிந்ததே. A, B ஆகிய இரு தகடுகளும் மின்னேற்றச் சமநிலையை அடையும் போது, அதாவது A, B க்கு இடையேயுள்ள மின்புலம் முழுவதும் அழிந்துபடும்போது இந்தக் காந்தப்புலத்தின் வலிமை பெரும் அளவை அடையும். A, B க்கிடையேயுள்ள மின்புலம் முழுதும் அழிந்துபடும்போது அதாவது மின்னோட்டம் முழுமையாக

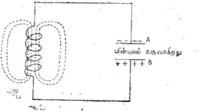
நின்றுவிடும்போது அதனுல் ஏற்பட்ட காந்தப்புலமும் படிப்படியாகக் குறைந்து இறுதியில் மறைந்துவிடும்.



படம் 5·5

மின்புலம் சுழியாதலும் காந்தப்புலம் பெருமமாறுதலும்

காந்தப்புலம் குறைய ஆரம்பித்தால் கம்பிச்சுருளில் மின்னேட்டம் தூண்டப்படுகிறது. இதனுல் A தகடு எதிர் மின்னேற்றத்தையும் B தகடு நேர் மின்னேற்றத்தையும் பெறுகின்றன. தகடுகளுக்கிடையே மின்புலம் உருவாகிறது. காந்தப்புலம் முழுவதும் அழிகின்றவரை இந்த மின்னேட்டம் தொடரும்.

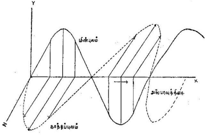


படம் 5·6

மின்புலம் உருவாதல்

மின்புலம் அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று பெரும அளவை அடையும். A தகடு ஆரம்பத்தில் நேர் மின்னேற்றத்தைப் பெற்றிருந்ததால் இப்பொழுது எதிர் மின்னேற்றத்தைப் பெறுகிறது. அதைப்போலவே ஆரம்பத்தில் எதிர் மின்னேற்றத்தைப்

பெற்றிருந்த B தகடு தற்போது நேர் மின்னேற்றத்தைப் பெறுகின்றது. எனவே, எதிர்த் திசையில் மீண்டும் ஒரு மின்னோட்டம் நிகழும். இவ்வாறாகத் தொடர்ந்து இந்தச் சுற்றில் மின்சாரம் முன்னும் பின்னுமாக மாறிமாறிப் பாய்ந்து கொண்டேயிருக்கும். மின்புலம் பெரும அளவிலிருந்து குறைந்து சுழியாகி மீண்டும்



படம் 5·7

மின் காந்த அலைகள் பரவுதல்

எதிர்த் திசையில் பெருமமாகிக் குறைந்து சுழியாகி மீண்டும் பழைய திசையில் பெருமமாகும். இவ்வாறே காந்தப்புலமும் தொடர்ந்து அலைவுறும். காந்தப்புலம் அலைவுறும்பொழுது வெளியில் (space) அலைகள் பரவுகின்றன. இந்த அலைகளே மின்காந்த அலைகள் எனப்படும். இந்த மின்காந்த அலைகள் பரவுதலைப் படம் 5·7 விளக்குகிறது.

வினாக்கள்

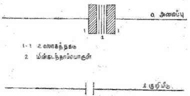
1. மின்தூண்டலின் விதிகளைக் கூறுக.
2. மின்மாற்றியைப்பற்றி நீவிர் அறிந்துள்ளது யாது ?
3. இரு உலோகத் தகடுகளுடன் ஒரு மின்கல அடுக்கின் நேர், எதிர் முனைகளை இணைப்பதால் ஏற்படும் விளைவுகளை விளக்கிக் கூறுக.
4. 'ஒரு மின்னழுத்த ஏற்று மின்மாற்றி ஒரு மின்னோட்ட இறக்கி மின்மாற்றியாகும்.' இந்தக் கருத்தை நிறுவுக. தரையலைகள், வெளி அலைகள் என்பவைகளைப்பற்றி நீவிர் அறிவது யாது ?

6. மின்தேக்கிகளும் மின்நிலைமங்களும்

(Condensers and Inductances)

ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி ஆகியவற்றின் அமைப்பில் மின்தேக்கியும் (condenser) மின்நிலைமமும் (inductance) பெரும்பங்கேற்கின்றன. அவைகளைப்பற்றி இந்தப் பகுதியில் விரிவாகப் பார்ப்போம்,

மின்தேக்கி என்பது இரு உலோகத் தகடுகளாலானது. அவற்றிற்கிடையே காற்று அல்லது காகிதம் போன்ற மின் கடத்தாப் பொருள் உள்ளது. மின்தேக்கியின் அமைப்பைக் கீழே உள்ள படத்தில் காணலாம்.



படம் 6·1

மின்தேக்கியின் அமைப்பு

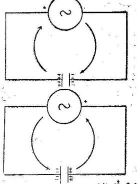
ஒரு மின்தேக்கியின் இரண்டு தகடுகளையும் ஒரு மின்கலத்தின் இரு மின்வாய்களுடன் இணைத்தால் எதிர்மின்வாயிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள உலோகத்

தகட்டிற்கு வந்து சேருகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மற்றத் தகட்டிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களைத் தள்ளுகின்றன. எனவே, அந்த எலெக்ட்ரான்கள் அத் தகட்டோடு பொருத்தப்பட்டுள்ள கலத்தின் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லுகின்றன. இந் நிலையில் மின் கலத்தினைத் துண்டித்துவிட்டால் எதிர் மின்வாயுடன் இணைக்கப் பட்டிருந்த தகடு அதிக அளவு எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்று எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றதாகவும் மற்றைய தகடு எலெக்ட்ரான் தேவையினுல் நேர்மின்னூட்டம் பெற்றதாகவும் அமைகின்றன. இப்போது இரு தகடுகளையும் ஒரு கம்பியினுல் இணைத்தால் அக் கம்பி வழியாக எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு தகட்டிலிருந்து மற்ருெரு தகட்டிற்குச் செல்லும். எனவே, ஒரு மின்னேட்டம் நிகழ்கிறது. இரண்டு தகடுகளுக்குமிடையே உள்ள பொருள்கள் சிறந்த மின் கடத்தாப் பொருள்களாக இருக்குமானுல் இரண்டு தகடுகளும் அவற்றின் மின்னூட்ட நிலைகளை எப்போதும் பாதுகாக்கும். அவை தேவையானபோது ஒரு கம்பியில் மின்னேட்டத்தை அளிக்கும். இவ்வாறு மின்னேட்டத்திற்குக் காரணமான மின் னழுத்தத்தைத் தன்னிடம் தேக்கி வைத்திருப்பதாலேயே இதற்கு மின்தேக்கி என்று பெயர்.

மின்தேக்கியின் மதிப்பு அது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத் தத்தை ஏற்றுக்கொள்வதற்குத் தேவையான மின்னூட்டத்தைப் பொறுத்தது. அதிக மின்னூட்டம் தேவையானுல் அதிக மின் னழுத்தத்தைத் தேக்கி வைத்துக்கொள்ளும். அதாவது மின் தேக்கும் திறன் அதிகமாகும் என்று கொள்கிருேம். மின்தேக்கியின் மின்தேக்கும் திறனை (capacity) ஃபாரட் (farad) என்னும் அலகினுல் அளக்கிருேம். ஒரு ஃபாரட்டில் 10,00,000-ல் (பத்து லட்சத்தில்) ஒரு பாகம் ஒரு மைக்ரோஃபாரட் (micro farad) என்றும், ஒரு மைக்ரோஃபாரட்டில் பத்து லட்சத்தில் ஒரு பாகம் ஒரு பைக்ரோ ஃபாரட் (picro farad) என்றும் அழைக்கப் படுகின்றன. இவை முறையே μF, $\mu\mu F$ என்ற எழுத்துக் களால் குறிக்கப்படுகின்றன. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைக் குறைப்பதாலும், அவற்றின் பொதுவான பரப்பளவை அதிகரிப்பதாலும் உலோகத் தகடுகளின் எண்ணிக் கையை அதிகரிப்பதாலும் மின் தேக்கும் திறனை அதிகரிக்க லாம்.

ஒரு மின்தேக்கியை ஒருதிசை மின்னழுத்தம் ஒன்றுக்கு உட்படுத்தினுல், ஒரு தகட்டில் எலெக்ட்ரான் குவிப்பும் மறு தகட்டில் எலெக்ட்ரான் குறைவும் ஏற்படுகின்றன. தகடுகளுக் கிடையே மின்சுற்று முற்றுப் பெறுததால் எலெக்ட்ரான்கள் தேக்கமடைந்து மின்னேட்டம் நின்றுவிடுகிறது. மாருக மின்

தேக்கியை ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தினுல் அதன் தகடுகள் நேர் மின்னூட்டத்தையும் எதிர் மின்னூட்டத்தையும் மாறிமாறிப் பெறுகின்றன. எனவே, மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கம்பிகளில் மின்னோட்டம் தொடர்ந்து நிகழும். இதையே படம் 6.2 விளக்குகிறது.



படம் 6-2

மின்தேக்கியின் மாறுதிசை மின்னழுத்தம்

மின்தேக்கிக்குக் கொடுக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கும் மின்சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தகவை (ratio) மின்தேக்கியில் நிலவும் மறுப்பு என்று கூறலாம். இதையே சுருக்கமாக 'மின்தேக்கி மறுப்பு' (capacitive reactance) என்று கூறுவர். இந்த மின்தேக்கி மறுப்பு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்துமிருக்கிறது. அதிர்வெண் அதிகமானுல் மறுப்பு குறையும்; அதிர்வெண் குறைந்தால் மறுப்பு அதிகமாகும்.

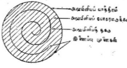
ராடார் சாதனத்தில் பொதுவாக நான்கு வகை மின்தேக்கிகள் பயன்படுகின்றன. அவையாவன: 1. உயர்ந்த அதிர்வெண்ணில் பயன்படும் மைக்ரோஃபாரட் அளவிலுள்ள திறன்

மாறு மின்தேக்கிகள், 2. குறைந்த அதிர்வெண்ணில் பயன்படும் மைக்ரோ.:பாரட் அளவிலுள்ள திறன்மாறு மின்தேக்கிகள், 3. மின்றுற் பகுப்பு மின்தேக்கிகள், 4. திறன் மாறும் மின்தேக்கிகள். நான்காவது வகையில் ட்ரிம்மர் (trimmer), பேடர் (padder), இசைவிக்கும் மின்தேக்கி (tuning condenser) என்று பல வகை யுண்டு. ட்ரிம்மர், பேடர் வகை குறைந்த அளவு திறன் உடையன வாகவும், மற்றவை அதிக அளவு திறன் உள்ளவாகவும் இருக்கும். இனி, மின்தேக்கிகளின் அமைப்பைப்பற்றிச் சிறிதே கூறுவோம்.

மிகச் சிறந்த அரிதிற் கடத்தியின் இரு புறங்களிலும் நற் கடத்திகளைத் தெளித்து முதல் வகைத் தேக்கிகளை உருவாக்கு கின்றனர். மெழுகுத் தாளை நடுவே கொண்ட இரு நீளமான மெல்லிய காரீயத் தகடுகள் (tin foil) உருளை வடிவத்தில் கெட்டி யாக உருட்டப்பட்டு ஒவ்வொரு தகட்டிலும் ஒவ்வொரு கம்பி இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதைப் பேப்பர் மின்தேக்கி (paper condenser) என்றும் கூறுவர். இது இரண்டாவது வகை மின்தேக்கியாகும்.

மூன்றுவது வகை மின்தேக்கியில் ஓர் அலுமினியப் பாத்தி ரத்திலுள்ள அலுமினிய போரேட்டுக் (aluminium borate) கரைசலில் சுருள் வடிவில் ஓர் அலுமினியத்தகடு உள்ளது. அலுமினியப் பாத்திரத்தை ஒரு மின்கலத்தின் நேர்மின் வாயுடனும் அலுமினியத் தகட்டை எதிர் மின்வாயுடனும் இணைத்தால் கரைசலில் வேதியல் வினை (chemical reaction) ஏற்பட்டு நடுவிலுள்ள தகட்டின்மீது மிக மெல்லிய அளவிற்கு அலுமினிய ஆக்ஸைடு (aluminium oxide) படிகிறது. அலுமினிய ஆக்ஸைடு ஓர் அரிதிற் கடத்தியாகும். எனவே, நடுவிலுள்ள அலுமினியத் தகடும் அலுமினியப் போரேட்டுக் கரைசலும் ஒரு மின்தேக்கியாக அமைகின்றன. இத்தகைய மின்தேக்கிக்கு நேர் மின்வாய், எதிர் மின்வாய் உண்டு. ஆகவே, இத்தகைய மின் தேக்கிகளை இணைக்கும்பொழுது கவனமாக இணைக்கவேண்டும். அதாவது நேர்மின்வாயை மின்னழுத்த சாதனத்தின் நேர்மின் வாயுடனும், எதிர் மின்வாயை மின்னழுத்த சாதனத்தின் எதிர் மின்வாயுடனும் இணைக்கவேண்டும். இவற்றை ஒரு திசை மின்னோட்டச் சுற்றுகளில்மட்டுமே பயன்படுத்தமுடியும். இவற் றிலுள்ள அரிதிற்கடத்தியாகிய அலுமினிய ஆக்ஸைடு மின்றுற் பகுப்பு முறையில் உருவாக்கப்படுவதால் இவற்றிற்கு மின்றுற் பகுப்பு மின்தேக்கிகள் என்று பெயர். அரிதிற் கடத்தியின் தடிமன் மிகமிகக் குறைவாக இருப்பதால் இவற்றின் மதிப்பு அதிகமாக

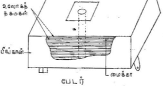
இருக்கும். இத்தகைய மின்தேக்கியின் அமைப்பைக் கீழே உள்ள படத்தில் காண்க.



படம் 6-3

மின்னாற் பகுப்பு மின்தேக்கிகள்

நான்காவது வகையான ட்ரிம்மர், பேடர் வகைகளில் உலோகத் தகடுகளையும், மைக்காத் (mica) தகடுகளையும் மாறிமாறி வைத்து இவைகளை நடுவேயுள்ள ஓர் ஓட்டைவழியாக ஒரு திருகாணியின் உதவியால் ஒரு பீங்கானில் பொருத்தியிருப்பர். திருகாணியின் உதவியால் தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றுவதன்மூலம் இவற்றின் மதிப்பைக் கூட்டவோ, குறைக்கவோ முடியும். இவற்றின் அமைப்பைக் கீழே உள்ள படங்களில் காண்க.

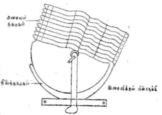


படம் 6-4

பேடர், டிரிம்மர்

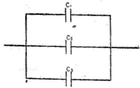
அடுத்தவகை மின்தேக்கி இசைவிக்கும் மின்தேக்கியாகும். இதில் இணையாக அமைக்கப்பட்ட நிலையான அரைவட்டத் தகடுகளுக்கு இடையே அதே மாதிரி அமைப்பைக் கொண்ட தகடுகள் அசையும் முறையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அசையும் தகடுகள்

முழுவதும் நிலைத்தகடுகளுக்கிடையே யிருக்கும்போது பெரும மின்னேற்புத் திறனும், வெளியே யிருக்கும்போது குறைந்த மின்னேற்புத் திறனும் இருக்கும். பொதுவாக ரேடியோவில் குறிகாட்டியைத் (pointer) திருப்பும்போது இத்தகைய மின்தேக்கியையே தொழிற்படுத்துகிறோம். இசைவிக்கும் மின்தேக்கியின் அமைப்பு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 6-5
இசைவிக்கும் மின்தேக்கி

இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற்பட்ட மின்தடைகளைப் பக்க இணைப்பு, தொடர் இணைப்பு முறைகளில் இணைத்துத் தேவையான மின்தடையைப் பெறுவதைப்போல மின் தேக்கிகளையும்



படம் 6-6
மின்தேக்கிகளின் பக்க இணைப்பு முறை

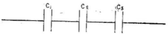
பக்க இணைப்பு, தொடர் இணைப்பு முறைகளில் இணைத்துத் தேவையான மின்தேக்குத் திறனை அடையலாம். மின்தேக்கிகளைப் பக்க

இணைப்பு முறையில் இணைப்பது அவற்றின் உலோகத் தகடுகளின் பொதுவான பரப்பளவை அதிகரிப்பதற்குச் சமமாகும். எனவே, மின்தேக்கிகளைப் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைப்பதால் அதிகமான மின்தேக்குத் திறனை அடையலாம். உதாரணமாகப் படம் 6.6-ல் காட்டியபடி C_1, C_2, C_3 என்ற மின்தேக்கிகளைப் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைப்பதாக வைத்துக்கொண்டால் நமக்குக் கிடைக்கும் மின்தேக்குத் திறன் அவற்றின் மொத்த மின்தேக்குத் திறன்களுக்குச் சமமாகும்.

அதாவது கிடைக்கும் மின்தேக்குத் திறன் C என்றால்,

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற்பட்ட மின்தேக்கிகளைப் படம் 6.7-ல் காட்டியபடி தொடர் இணைப்பு முறையில் இணைப்பதால் மிகக் குறைந்த மின்தேக்குத் திறனை அடையலாம்.



படம் 6-7

மின்தேக்கிகளின் தொடர் இணைப்பு முறை

இம் முறையில் கிடைக்கக்கூடிய மின்தேக்குத் திறன் C எனில், $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ ஆகும்.

மின் நிலைமம் :

ஒரு கம்பிச் சுருளின்வழியாக மின்னோட்டம் ஏற்படும்போது அதைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உருவாகும் எனப் பார்த்தோம். இதனால் கம்பிச் சுருள் $E=CR$ என்ற ஓம் விதிப்படி உண்டாக வேண்டிய மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தவுடன் ஏற்படுவதில்லை. அதற்கான காரணங்களை இப்போது பார்ப்போம்

கம்பிச் சுருள் மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டவுடன் அதன் நடுவிலும் அதைச் சுற்றிலும் காந்தப்புலம் ஒன்று திடீரென்று உருவாகத் தொடங்குகிறது. இப்படி உருவாகும் காந்தப்புலம் கம்பிச் சுருளில் ஒரு மின்னோட்டத்தைத் தூண்டுகிறது. இவ்வாறு தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் ஏற்படுவதால்

உருவாகும் மின்னோட்ட வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது. இதைப் போலவே மின்னழுத்தத்தை நீக்கினால் காந்தப்புலம் திடீரென்று மறையத் துவங்குகிறது. இவ்வாறு மறையத் துவங்கும் காந்தப் புலம் கம்பிச் சுருளில் ஏற்படுத்தப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையிலேயே ஒரு மின்னோட்டத்தைத் தூண்டுகிறது. இதனால் மின்னழுத்தத்தை நீக்கியவுடன் மின்னோட்டம் திடீரென்று மறையாமல் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக மறையத் தொடங்குகிறது. எனவே, ஒரு கம்பிச் சுருள் அதில் ஏற்படும் மின்னோட்ட மாற்றங்களை எதிர்க்க வல்லதாக அமைகிறது.

கம்பிச் சுருளின் இத்தகைய தன்மையினை, அதாவது, மின்னோட்ட வளர்ச்சியையும் மின்னோட்ட இறக்கத்தையும் தடுக்கும் தன்மையினை மின்நிலைமம் (inductance) என்று கூறுகிறோம். மின்நிலைமத்தை ஹென்றி (henry) என்ற அலகைக் கொண்டு அளக்கிறோம். சாதாரணமாக ரேடியோவில் பயன்படும் கம்பிச் சுருள்களின் மின்நிலைமம் மில்லி ஹென்றி ($\frac{1}{1000}$ ஹென்றி) அல்லது மைக்ரோ ஹென்றி ($\frac{1}{1,000,000}$) அளவில் தான் இருக்கும். சுருளில் கம்பியை நெருக்கமாகச் சுற்றுவதாலும் சுருளின் விட்டத்தைக் குறைப்பதாலும், சுருளுக்குள் ஓர் இரும்புக் கம்பியை வைப்பதாலும் மின் நிலைமத்தை அதிகரிக்கலாம்.

இத்தகைய கம்பிச் சுருள்களைச் செய்வதற்கு உலோகக் கம்பிகளைச் சாதாரண நிலையில் பயன்படுத்தினால், நெருக்கமாகச் சுற்றும்போது சுற்றுகள் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பு கொண்டு மின்நிலைமம் குறைய ஏதுவாகும். ஆகையால், இத்தகைய சுருள்கள் செய்வதற்குக் காப்பிடப்பட்ட (insulated) உலோகக் கம்பிகளையே பயன்படுத்தவேண்டும்.

மின்நிலைமச் சுருள் உட்படுத்தப்பட்டிருக்கும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கும் அதில் ஏற்படக்கூடிய மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதத்தை மின்நிலைம மறுப்பு (inductive reactance) என்று அழைக்கலாம். இந்த மின்நிலைம மறுப்பு கம்பிச் சுருளில் ஏற்படும் மாறுதிசை மின்னோட்ட அடுக்கத்தைப் பொறுத்து இருக்கிறது. அடுக்கம் அதிகமானால் மறுப்பும் அதிகமாகும்; அடுக்கம் குறைந்தால் மறுப்பும் குறையும். அதாவது மின்நிலைம மறுப்பும் முற்பகுதியில் கூறப்பட்ட மின்தேக்கி மறுப்பும் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அடுக்கத்தைப் பொறுத்து ஒன்றுக்கொன்று மாறுபட்ட விதத்தில் மாறுகின்றன.

இனி, மின்தேக்கியையும், மின்நிலைமத்தையும் மாறுதிசை மின்னோட்டமுள்ள ஒரு மின்சுற்றில் இணைப்பதால் என்ன

நேரும் என்பதைப் பார்ப்போம். அதற்கு முன்பு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைப் பற்றிச் சிறிது தெரிந்து கொள்வது அவசியம்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 1, 2, 3 மைக்ரோ ஃபாரட் திறனுள்ள மூன்று மின் தேக்கிகள் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டு 220 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகின்றன. பயனுறு மின் தேக்குத் திறனையும் ஒவ்வொரு மின் தேக்கிக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்தத்தையும் கணக்கிடு.

C என்பது பயனுறு மின்தேக்குத்திறன் என்று கொள்க.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{11}{6}$$

$$C = \frac{6}{11} \text{ மைக்ரோ ஃபாரட்.}$$

ஒவ்வொரு மின்தேக்கியிலுமுள்ள மின்னூட்டம் சமமாகும். இது $220 \times \frac{6}{11}$ மைக்ரோ கூலூம்களுக்குச் சமம். மின்தேக்கிகளின் தகடுகளுக்குக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம்

$$\frac{120 \times 10^{-6}}{10^{-6}}, \frac{120 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}}, \frac{120 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6}} \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$$= 120, 60, 40 \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

2. ஒவ்வொன்றும் 6 மைக்ரோ பாரட் உள்ள 3 மின் தேக்கிகள் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்படுகின்றன. இணைப்புக்குக் குறுக்கே 100 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. மின்கல அடுக்கிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மின்னூட்டத்தையும் மின்தேக்கிகளில் சேகரிக்கப்பட்ட ஆற்றலையும் கணக்கிடு. மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் ஒவ்வொன்றிலுமுள்ள மின்னூட்டம் சமமாகும். இதை Q எனக் கொள்வோம்.

இணைப்பின் பயனுறு மின்தேக்குத்திறன்

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$\therefore$ C = 2 மைக்ரோ ஃபாரட் = 2×10^{-6} ஃபாரட்.

$\because$ ஒவ்வொரு மின்தேக்கியிலுமுள்ள மின்னூட்டம்

$$\theta = C \times V$$
$$= 2 \times 10^{-6} \times 100$$
$$= 2 \times 10^{-4} \text{ கூலூம்.}$$

இணைப்பில் தேக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்

$$= \frac{1}{2} CV^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times 100^2$$
$$= 10^{-2} \text{ ஜூல்}$$

மாதிரி வினாக்கள்

1. மின் தூண்டல் விளைவைப்பற்றிச் சுருக்கி வரைக.
2. மின்தேக்கிகளின் அமைப்பையும் அவை தொழிற்படும் விதத்தையும் விவரி.
3. மின்தேக்கியின் வகைகளைப்பற்றிச் சுருக்கி எழுதுக.
4. மின் தேக்கிகளும், மின் நிலைமங்களும், மின்காந்த அலை பரப்பலில் எவ்வாறு பயன்படுகின்றன ?
5. 'மின்தேக்கிகளும், மின் நிலைமங்களும் ராடாரில் பெரும் பங்கு வகிக்கின்றன' — இந்தக் கருத்தை ஆராய்க.

7. மாறுதிசை மின்னோட்டம்

(Alternating Currents)

எலெக்ட்ரான்கள் திசை மாறிமாறி, மின்தடைகள், மின் சுருள்கள், (coils), மின்தேக்கிகள் ஆகியவற்றினூடே எதிர்த் திசைகளில் பாயும்போது மாறுதிசை மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது என்று கூறுகிறோம். ஒரு மாறுதிசை மின் இயக்குவிசையை (electromotive force) கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

$$E = E_0 \sin wt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

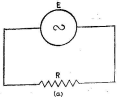
இதில் E என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் உள்ள மின்னியக்கு விசையையும் E_0 என்பது பெரும மின்னியக்கு விசையையும் குறிக்கும். $w = 2\pi f$; f என்பது மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண் ஆகும்.

(a) மின்தடை மட்டுமுள்ள சுற்று :

E என்ற மின்னியக்கு விசை R என்ற மின்தடையின்மீது செயல்படுவதாகக் கொள்வோம். மின்தடையினூடே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E_0 \sin wt}{R} I_0 \sin wt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

இதில் $I_0 = \frac{E_0}{R}$. இங்கு I_0 என்பது சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் பெரும அளவு ஆகும். ஆகவே, ஒரே கணத்தில் மின்னியக்கு விசையும் மின்னோட்டமும், பெரும நிலையையோ, அல்லது சிறும நிலையையோ அடைகின்றன. இவ்வுண்மையை படம் 7·1 காட்டுகிறது.

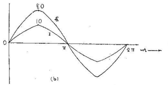


படம் 7·1 [a]

மின்தடையில் மாறுதிசை மின்னோட்டம்.

(b) மின்நிலைமம்மட்டும் உள்ள சுற்று:

மின் நிலைமம் உள்ள ஒரு கம்பிச் சுருளில் E என்ற ஒரு மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை செயல்பட்டால் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு பொருந்தும்.



படம் 7·1[b]

$$L \frac{dI}{dt} = E = Eo \sin wt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (8)$$

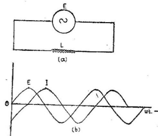
$$\therefore \; dI = \frac{E_0}{L} \sin wt \, dt$$

இரண்டு பக்கங்களையும் தொகு ஆக்கப்படுத்தும்போது, (integrating)

$$I = \frac{-E_0}{Lw} \cos wt = I_0 \sin\left(wt - \frac{\pi}{2}\right) \quad \cdots \quad (4)$$

இதில் $Io = \frac{E_0}{Lw}$. மேலும் $\sin\left(wt - \frac{\pi}{2}\right) = -\cos w.$

என்பது நாம் அறிந்ததொன்று. மின்சுற்றியும், மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் ஆகியவை மாறுபடும் விதத்தையும் கீழே யுள்ள படங்களில் காண்க.



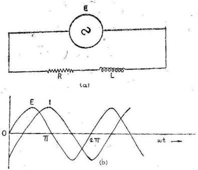
படம் 7-2

மின்நிலைமத்தில் மாறுதிசை மின்னோட்டம்

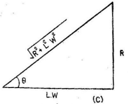
மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் ஆகியவை இரண்டும் சைன் வளைகோடுகளாக இருந்தபோதிலும், மின்னோட்டம் மின்னியக்கு விசைக்கு $\frac{\pi}{2}$ பின் தங்குகிறது (lags behind). Lw என்பது மின் நிலைம மறுப்பு (inductive reactance) எனப்படும்.

(c) மின்தடையும் மின்நிலைமமும் உடைய மின்சுற்று :

(LR circuit) இத்தகைய மின்சுற்றின் படம் அடுத்த பக்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 7-3



படம் 7-3

L, R சுற்றில் மாறுதிசை மின்னேட்டம்

E என்ற ஒரு மாறு திசை மின்னியக்கு விசை, R என்ற ஒரு மின் தடையுடனும், L என்ற மின் நிலைமத்துடனும் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ் விணைப்பின் சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம்.

$$L \frac{dI}{dt} + RI = E_0 \sin wt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

சமன்பாடு (5) ஐ விடையிறுக்கும்பொழுது

$$I = I_0 \sin(wt - Q) \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

என்று கிடைக்கின்றது. இங்கு I_0, Q இரண்டிற்கும் மதிப்புக் காணும்போது,

$$\tan Q = \frac{Lw}{R} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

L, W, R ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் தெரிந்திருந்தால், Q ன் மதிப்பு

$$\therefore I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + L^2w^2}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

மின் எதிர்ப்பு என்பது மின் தடை, மின்மறுப்பு ஆகியவற்றின் வெக்டர் (vector) கூட்டலாகும். இதை ஓம் என்ற அலகால் அளக்கிறோம்.

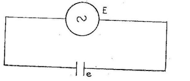
E என்ற மின்னியக்குவிசை L, R சுற்றில் செயல்படும்போது உண்டாகும் மின்னோட்டம் I, மின்னியக்கு விசைக்கு Q கோணத்தில் பின்தங்கிப் பாய்கின்றது.

(d) மின்தேக்கி மட்டும் உடைய சுற்று :

இப்பொழுது E என்ற மின்னியக்கு விசை C என்ற மின்தேக்கியினூடே செயற்படும்போது, மின்தேக்கியின் மின்னூட்டம்

$$Q \;,\; \frac{Q}{C} E_0 \sin wt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படும்.



படம் 7-4

மின்தேக்கியில் மாறுதிசை மின்னோட்டம்

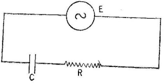
சமன்பாடு (9) ஐப் பகுத்தால் $\frac{dQ}{dt} = I$

எனவே, $\frac{I}{c} = E_0\, w \cos wt = E_0\, w \sin\left(wt + \frac{\pi}{2}\right)$

$$\therefore I = \frac{E_0}{\frac{1}{cw}} \sin\left(wt + \frac{\pi}{2}\right) = I_0 \sin\left(wt + \frac{\pi}{2}\right) \quad (10)$$

இங்கு $\frac{1}{cw}$ என்பது மின்தேக்கியின் மறுப்பு ஆகும். மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து மின்னோட்டம் மின்னியக்கு விசைக்கு $\frac{\pi}{2}$ கோணத்தில் முன்பாகச் செல்கிறது என்பது விளக்குகிறது.

(c) மின்தேக்கி, மின்தடைச் சுற்று (C, R circuit) :



படம் 7·5

C. R–சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம்

மேலே உள்ள படத்தில் காட்டியபடி ஒரு மின்தேக்கி, மின்தடை ஆகியவை ஒரு மின்னியக்கு விசையுடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ் விணைப்பின் சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$IR + \frac{Q}{C} = E_0 \sin wt \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (11)$$

மின் ஓட்டம் $I = I_0 \sin wt$ எனக்கொண்டால்

$$I = \frac{dQ}{dt} = I_0 \sin wt$$

$$\therefore = \int I\, dt = \int I_0 \sin wt\, dt = I_0 \int \sin wt\, dt$$

$$\therefore \quad Q = -\frac{I_0 \cos wt}{w}$$

TEXT BOOK SECTION

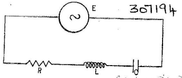
எனவே $E = I_0 R \sin wt - \frac{I_0}{cw} \cos wt$

$$I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{c^2 w^2}}} \sin (wt+\theta) \quad \ldots \quad (12)$$

$$\tan\theta = \frac{1}{cw\,R}$$

(f) மின்தடை, மின்நிலைமம், மின்தேக்கி ஆகியவை தொடரிணையாக உள்ள மின்சுற்று (Circuit with inductance, Resistance and Capacity) :

307194



படம் 7-6

L. C. R. சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம்

மின்தடை, மின்நிலைமம், மின்தேக்கி ஆகியவை தொடராக இணைக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் E என்ற மின்னியக்கு விசை செயல்படுவதாகக் கொள்வோம். பிறகு

$$L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{Q}{c} = E \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (13)$$

$E = E_0 \sin wt$ ஆனதால்,

$$L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{Q}{c} = E_0 \sin wt$$

t யைப் பொறுத்துப் பகுத்தால்,

$$L\frac{d^2I}{dt^2} + R\frac{dI}{dt} + \frac{I}{c} E_0\, w \cos wt \ldots \quad \ldots \quad (14)$$

இதில் பாயும் மின்னோட்டத்தை $I = I_0 \sin (wt-\theta)$ ... ... (15) என்ற சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடலாம். I_0, θ ஆகியவற்றைக் காணும்போது

CONNEMARA PUBLIC LIBRARY

$$\therefore I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(Lw - \frac{1}{cw}\right)^2}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (16)$$

இதிலிருந்து I_0 வின் மதிப்பு தெரிந்துவிடுகிறது. $\left[Lw - \frac{1}{cw}\right]$ என்பது மின்நிலைமம், மின் தேக்கி ஆகியவற்றின் மொத்த மறுப்பு ஆகும். மின்தடை (R), மொத்த மின்மறுப்பு ஆகியவற்றின் வெக்டர் கூட்டலே, மின்சுற்றின் மொத்த மின்எதிர்ப்பு ஆகும்.

$$\text{எனவே,} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(Lw - \frac{1}{cw}\right)^2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (17)$$

$$\text{மேலும்} \tan\theta = \left(\frac{Lw \frac{1}{cw}}{R}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (18)$$

மின்னோட்டம் θ கோண அளவு மின்னியக்கு விசைக்குப் பின் தங்குகிறது, $Lw > \frac{1}{cw}$ ஆக இருந்தால் θ நேர்க்குறி (positive) யுடையதாக இருக்கும், அப்பொழுது மின்னோட்டம் மின்னியக்கு விசைக்குப் பின்தங்கும்.

$Lw < \frac{1}{cw}$ ஆக இருந்தால் θ குறைக்குறி (negative) யுடைய தாக அமையும்; அப்பொழுது மின்னோட்டம் மின்னியக்கு விசைக்கு முன்பாகப் பாயும்.

தொடர் ஒத்ததிர்வு மின்சுற்று (Series resonants circuit) :

$Lw = \frac{1}{cw}$ வானால், மின்சுற்றின் மொத்த மின்மறுப்பு சுழி யாகும். எனவே, கோணம் θ வும் சுழியாகி விடுகிறது. இப் பொழுது மின்னோட்டமும், மின்னியக்கு விசையும் ஒரேகட்டத்தை யடைகின்றன (in phase). இந் நிலையில் மின் சுற்று ஒத்ததிர்வு உள்ளதாகச் சொல்லப்படுகிறது ; ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்போது

$$Lw = \frac{1}{cw}$$

$$\text{அல்லது } w^2 = \frac{1}{Lc}$$

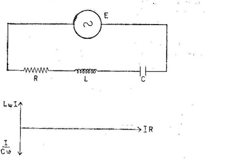
$$\text{அதிர்வு எண் } f = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (19)$$

மின்சுற்றில் செயல்படும் மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வு எண் நிலையாக இருந்தால் L, c இவற்றைச் சரிசெய்து மின்சுற்றில் ஒத்ததிர்வு உண்டாக்கலாம்.

ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்போது மொத்த மின்மறுப்பு சுழியாகி விடுவதால், மின்சுற்றின் எதிர்ப்பு, சிறும நிலையை யடைந்து, மின்தடைக்குச் சமமாகிறது. எனவே, மின்னோட்டம் உச்ச நிலையையடைகிறது.

ஆகவே $I = \dfrac{E}{R}$ ... ... (20)

ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்போது, மின் சுருளின் இருமுனைகளுக்கிடையே ஏற்படும் மின்னழுத்தம் $= L w I$ ஆகும். மின் தேக்கியின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஏற்படும் மின்னழுத்தம் $\dfrac{I}{cw}$ ஆகும். மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் மிக அதிகமாயுள்ள காரணத்தால் இவ் விரு மின்னழுத்தங்களும் மிக அதிகமாயும், ஒன்றுக்கொன்று எதிராகச் செயற்படும் தன்மையுள்ளன



படம் 7-7

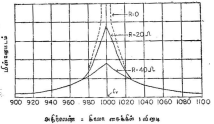
ஒத்ததிர்வின்போது L. C. R-ல் மின்னழுத்த பேதங்கள்

வாகவும் உள்ளன. இந்தக் கருத்துகள் மேலேயுள்ள படங்களில் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒத்ததிர்வின் கூர்மை (Sharpness of resonance) :

மின் நிலைமம், மின்தேக்கி உள்ள ஒருமின்சுற்றில் ஒரு மாறு மின்னேக்கியைச் சேர்த்து அதன் மதிப்பை மாற்றி, மின்சுற்றின் இயல்பான அதிர்வெண்ணை (natural frequency) $\left(f \quad \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}} \right)$ நமக்குத் தேவையான ரேடியோ நிலையத்தின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகும்படி செய்து வானொலி நிலையத்தின் ஒலிபரப்புதலைக் கேட்கிறோம். இதற்கு அலைத்தேர்வு (tuning) என்று பெயர். இத் தேர்வில் நமக்குத் தேவையான அதிர்வெண்ணில் பெரும மின்னோட்டமும் மற்ற அதிர்வெண்களில் சிறும மின்னோட்டமும் உண்டாகும்படி செய்கிறோம். ஏனென்றால் தேவையற்ற நிலையங்களின் மின்னழுத்தங்கள் நமது ரேடியோவில் மின்னோட்டங்களை உண்டுபண்ணிக் குழப்பம் உண்டாவதைத் தவிர்க்கவேண்டும். இப்போது மின்சுற்றின் இயற்கையான அதிர்வெண்ணும் மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண்ணும் சமமாகும்.

படம் 7.8-ல் 1000 கிலோ சைக்கிள்/விநாடி அதிர்வெண்ணுக்குச் சுரப்படுத்தி வைக்கப்பட்டுள்ள மின்சுற்றின் ஒத்துணர்வு வளைகோடுகள் (response curves) தரப்பட்டுள்ளன.



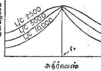
படம் 7·8

ஒத்துணர்வு வளைகோடுகள்

இவ் வளைகோடுகள் வெவ்வேறு அதிர்வெண்ணுடைய மின்னழுத்தங்களில் பாயும் மின்னோட்டங்களைக் காட்டுகின்றன. செயல்படுகின்ற மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் 1000 கிலோ

சைக்கிள்/விநாடிக்கு வெகு குறைவாகவோ அல்லது அதிக மாகவோ இருந்தால் மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் குறைவாகப் பாய் கிறது. இந்த அதிர்வெண் 1000 கி. சை./விநாடிக்கு அருகில் வரவர மின்னோட்டம் உயர்ந்து 1000 கி. சை./விநாடியில் பெரும மதிப்பைப் பெறுகின்றது. இப்போது மின்சுற்றின் தடைச் சுழியாக இருந்தால், ஒத்ததிர்வு நிலையில் மின்னோட்டம் ஈறிலி (infinity) யாக இருக்கும். மின்தடை குறையக்குறைய மின்னோட் டம் அதிக உச்ச அளவுக்குச் செல்வதுடன் அதன் இரு புறங் களிலும் விரைவாகக் குறைகிறது. சுரப்படுத்துதல் கூராயிருந் தால் மின்சுற்றின் தேர்வுத் திறன் (selectivity) அதிகமாகிறது. அதாவது, தேவையான அதிர்வெண்ணைச் சுலபமாய் ஏற்கவும் தேவையில்லாதவற்றைச் சுலபமாக நிராகரிக்கவும் திறனடை கின்றது.

கூர்மையான சுரப்படுத்துதலுக்கு மற்றொரு காரணம் மின் சுருளின் Q எண் (Q—factor) ஆகும். மின்சுருளின் மறுப்புக்கும் தடைக்குமுள்ள தகவே (ratio) Q எண்ணாகும். அதாவது, $Q = \frac{Lw}{R}$. ஒரு மின்சுற்றின் சுரப்படுத்தும் கூர்மையை அதிகரிப் பதற்கு அச் சுற்றின் Q எண் அதிகமாயிருத்தல் வேண்டும்.



படம் 7·9

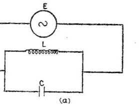
$\frac{L}{c}$ தகவும் சுரக் கூர்மையும்

சுரப்படுத்துதலின் கூர்மையை $\frac{L}{c}$ தகவைக் கொண்டும் அதிகரிக்கலாம். மின்தடை மாறிலியாக இருக்கும்போது $\frac{L}{c}$ தகவு அதிகமாக ஆக சுரக் கூர்மையும் அதிகமாகிறது. படம் 7·9-ல் இத் தன்மை காட்டப்பட்டுள்ளது.

மின்தடை மாருதிருக்கும்போது வளைகோடுகள் ஒரே அதிர் வெண்ணில் உச்சநிலையை அடைகின்றன. ஒத்ததிர்வு எண்ணை மாற்ருமல் $\frac{L}{c}$ தகவை மாற்றலாம். ஏனென்ருல் L ஐ இருமடங்கு உயர்த்தி, c-ஐ இருமடங்காகக் குறைக்கும்போது Lc மாருமலிருக்கும். எனவே, ஒத்ததிர்வு எண் மாருது. ஆனல் $\frac{L}{c}$ -ன் மதிப்பு நான்கு மடங்கு உயர்ந்திருக்கும்.

தொடர் ஒத்ததிர்வு மின்சுற்று அதிக மின்ஞேட்டங்களைத் தன்னுடே செலுத்துவதால் இது சில சமயங்களில் ஏற்பி மின் சுற்று (acceptor circuit) என்றும் சொல்லப்படுகிறது.

இணை ஒத்ததிர்வு (Parallel resonance) :



படம் 7-10

இணை ஒத்ததிர்வுச் சுற்று

L என்ற ஒரு மின்சுருளையும் c என்ற ஒரு மின்தேக்கியையும் இணையாகச் சேர்த்து அதில் E என்ற ஒரு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையைச் செலுத்துவோம். மின்சுருளின் தடையை நிராகரித்து விட்டால், மின்ஞேட்டம் (மின்சுருளில்) $= I_L = \frac{E}{Lw}$ ஆகும். இது மின்னழுத்தத்திற்கு 90° பின் தங்கிப் பாயும். மின்தேக்கியில் பாயும் மின்ஞேட்டம் $Ic = Ecw$. இது மின்னழுத்தத்திற்கு 90 டிகிரி முன்னுல் பாயும்.

மின்சுற்றுக்கு அளிக்கப்படுகிற மின்ஞேட்டம் இவ் விரு மின்ஞேட்டங்களின் வெக்டர் கூட்டாகும். I_L அதிகமாளுல் மொத்த மின்ஞேட்டம் பின்தங்கும்; Ic அதிகமாளுல் முன்ஞேடும்.

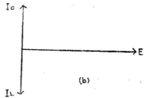
$I_L = I_C$ ஆனால் மின்சுற்று ஒத்ததிர்வு நிலையையடையும்.

$$\frac{E}{Lw} = Ecw \;\therefore\; w^2 = \frac{1}{Lc}$$

$$\text{ஆகவே } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (21)$$

ஆகவே, இணை ஒத்ததிர்வெண்ணும், தொடர் ஒத்ததிர்வெண்ணும் ஒன்றுக்கொன்று சமமானவை.

இணை ஒத்ததிர்வின்போது மின்சுற்றின் எதிர்ப்பு ஈறிலி (infinity) ஆகிறது. எனவே, இயற்றியிலிருந்து மின்னோட்டம் மின்சுற்றுக்குப் பாய்வதில்லை. ஆகவே, இதை நிராகரிப்புச் சுற்று (rejector circuit) என்று கூறுவர். ஆனால், மின்சுருள், மின் தேக்கிப் புயங்களில் மிக அதிகமான மின்னோட்டங்கள் சமமாயும் ஒன்றுக் கொன்று எதிராகவும் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும். இவ்வாறு நாம் மின்னோட்டம் கொடுக்காமலிருக்கும்போதும். மின்சுற்று அலைவுற்ற (oscillating) வண்ணமாயிருப்பதால், சுற்று மின்னோட்டம் (circulating current) இருந்துகொண்டே இருக்கும். இவ்வாறு மின்சுற்று அலைவுறுகையில் அதில் ஆற்றல் ஊசலாடிக் கொண்டேயிருக்கும்.



படம் 7-10 [ஆ]

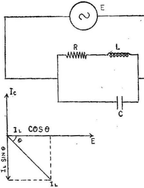
இணை ஒத்ததிர்வுச் சுற்றில் L. C.-யில் மின்னழுத்த பேதம்

பொதுவாக மின்தேக்கிப் புயத்திலுள்ள மின்தடையை நிரா கரிக்கிறோம்; மின்சுருளின் தடையைமட்டுமே கவனிக்கிறோம். எனவே, L, R என்பன தொடர்பு இணைப்பாகவும், C இணைப் பிணைப்பாகவும் உள்ளன. இதைத் 'தொடர் இணைப்பிணைப்பு'

(series parallel circuit) என்றும் கூறுவர். கீழேயுள்ள படங்கள் இவற்றை விளக்குகின்றன. இத்தகைய சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம்,

$$I_L = \frac{E}{\sqrt{R^2 + L^2 w^2}} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (22)$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது.



படம் 7-11

தொடர் இணைப்பிணைப்பு

இந்த மின்னோட்டம், மின்னியக்கு விசைக்கு θ டிகிரி கோணத்தில் பின்தங்குகிறது $\tan \theta = \frac{Lw}{R}$ ... ... (23)

$$\therefore \sin \theta = \frac{Lw}{\sqrt{R^2 + L^2 w^2}} \; ; \cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + L^2 w^2}} \dots (24)$$

மின்தேக்கியில் மின்னோட்டம் $I_C = Ecw$. இது E-க்கு $\frac{\pi}{2}$ கோணத்தில் முன்னேறுகிறது. மின்சுருளில் பாயும் மின்னோட்

டத்தை (I_Lஐ) Eக்கு இணையாகவும், செங்குத்தாகவும் பகுத்தால் $I_L \cos\theta$ இணையாகவும் $I_L \sin\theta$ செங்குத்தாகவும், அதாவது $\frac{\pi}{2}$ கோணத்தில் பின்தங்கியும் உள்ளன. இத்தகைய சுற்றில் $I_L \sin\theta$ வும் I_C யும் ஒன்றுக்கொன்று நேர் எதிராகவும் சமமாகவும் இருந்தால் ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்.

$I_L \sin\theta$, I_C ஆகியவற்றின் மதிப்புக்க ஊ $I_L \sin\theta = I_C$-ல் இடும்போது $I_L \sin\theta = I_C$

$$\frac{E}{\sqrt{R^2 + L^2w^2}} \quad \frac{Lw}{\sqrt{R^2 + L^2w^2}} = Ecw$$

$$(ie)\quad \left(\frac{L}{\sqrt{R^2 + L^2w^2}}\right)^2 = c$$

$$\frac{L}{R^2 + L^2w^2} = c$$

$$\therefore\ L^2w^2c = L - R^2c$$

$$w^2 = \frac{1}{L_C}\left[\frac{L - cR^2}{L}\right]$$

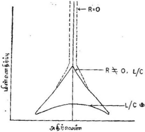
$$w^2 = \frac{1}{L_C}\left[1 - \frac{cR^2}{L}\right] \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (25)$$

ஒத்ததிர்வு எண் $f = \dfrac{w}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_C}}\sqrt{1 - \dfrac{cR^2}{L}}$

$$= f_0\sqrt{1 - \frac{CR^2}{L}} \quad \dots \quad \dots \quad (26)$$

இங்கு f_0 என்பது மின்தடை சுழியாக இருக்கும்போது உள்ள ஒத்ததிர்வைக் குறிக்கும். அடுத்துள்ள படத்தில் மின் எதிர்ப்பு அதிர்வெண்ணுடன் மாறும் வகை குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

இணை ஒத்ததிர்வுச் சுற்றும் ஒரு நிராகரிப்புச் சுற்ருகும். எனவே, இத்தகைய சுற்றில் ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்போது மின் எதிர்ப்பு அதிகமாயிருக்கும்.



படம் 7-12

இணைச்சுற்று ஒத்துணர்வுக் கோடுகள்

மின்தேக்கி, மின்நிலைமம் ஆகியவைகளின் உதவிகொண்டு அமைக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் எலெக்ட்ரான்களை முன்னும் பின்னும் இயக்க முடியும் என்று முன்பு பார்த்தோம். இத்தகைய இயக்கத்தால் மின்காந்த அலைகளை உண்டாக்கலாம் என்று கூறினேம். எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க அதிர்வெண் மின்தேக்கியின் மின்திறனையும், சுருளின் மின்நிலைமத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது எனவும் கண்டோம். மின்தேக்கி, மின்நிலைமம் ஆகியவற்றின் திறனைக் குறைப்பதன்மூலம் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க அதிர்வெண்ணைக் கூட்டலாம். அதாவது மின்காந்த அலைகளின் அதிர்வெண்ணை அதிகரிக்கலாம். அவற்றின் மதிப்பை அதிகரித்தால் அலைகளின் அதிர்வெண் குறையும். மின்சுருளில் உள்ள தடையின் காரணமாக, சுருள் வெப்பமடைவதால் ஆற்றல் செலவாகிறது. எனவே, எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம் தொடர்ந்து நடைபெருது நின்றுவிடும். இயக்கம் நிலையாக இருக்கவேண்டுமாஞல் வீணுகும் மின்திறனை ஈடுசெய்யவேண்டும். இதை டிரயோடு (triode) என்ற மின்குழாயை அலைவியற்றியாகப் (oscillator) பயன்படுத்துவதன் மூலம் செய்யமுடியும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு ஹென்றி மதிப்புள்ள மின்நிலைமத்துடன் 200வோல்ட் மின்னழுத்தமும், விநாடிக்கு 50 சுற்றுகளுமுடைய ஓர் இருதிசை மின்னழுத்த மூலத்தை இணைக்கும்பொழுது அந்த மின்நிலைமத்தில் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் காண்க.

மின்நிலைமம் $L = 1$ ஹென்றி

அடுக்கம் $= 50$ சைக்கிள் / விநாடி.

$\therefore$ மின்மறுப்பு $\times L = wL = 2\pi fL$

$= 2 \times 3{\cdot}14 \times 50 \times 1$

$= 314$ ஓம்கள்

$E_{R.M.S.}$ $= 200$ வோல்ட்டுகள்

$I_{R.M.S.}$ $= \frac{E_{R.M.S.}}{\times L}$

$= \frac{200}{314} = 0{\cdot}64$ ஆம்பியர்கள்.

2. மாறுபடு அடுக்கமும், 5 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த பேதமும் உள்ள ஓர் இரு திசை மின்னியக்கு விசை 10 மில்லி ஹென்றி மின்நிலைமமும், 0·5 ஓம் மின்தடையும், 0·01 μF மின்தேக்கித் திறனுமுடைய ஒரு சுற்றுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. (a) சுற்றின் ஒத்திவ்வு அடுக்கம், (b) ஒத்தியைவு மின்னோட்டம், (c) ஒத்தியைவில் மின்தேக்கிக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் (d) ஒத்தியைவு அடுக்கத்தில் 0·7 பங்குள்ள அடுக்கத்தில் சுற்றில் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் காண்க.

$E = 5$ வோல்டுகள்.

$L = 10 \times 10^{-3}$ ஹென்றி

$R = 0{\cdot}5$ ஓம்.

$C = 0{\cdot}01 \times 10^{-6}$ ஃபாரட்

(a) $fr =$?

(b) $Im =$?

(c) $E_c = \ ?$

(d) I at $0{\cdot}7\ f_r = ?$

(a) $$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{10\times10^{-3}\times0{\cdot}01\times10^{-6}}}$$

$$= \frac{10^5}{2\pi}$$

மேலும், $w_r = 2\pi f_r$

$$= \frac{2\pi\times10^5}{2\pi} = 10^5$$

(b) $$I_m = \frac{E}{R}$$

$$= \frac{5}{0{\cdot}5} = 10$$ ஆம்பியர்கள்.

(c) $$E_c = I_m \times \frac{1}{cw}$$

$$= 10 \times \frac{1}{0{\cdot}01\times10^{-6}\times10^5}$$

$$= 10 \times 1000$$

$$= 10000$$ வோல்ட்டுகள்.

(d) $$f = 0{\cdot}7\ f_r = \frac{0{\cdot}7\times10^5}{2\pi}$$

$$w = 2\pi f = \frac{2\pi\times0{\cdot}7\times10^5}{2\pi}$$

$$= 0{\cdot}7 \times 10^5$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(Lw - \frac{1}{cw}\right)^2}}$$

$$= \frac{5}{\sqrt{0{\cdot}5^2 + \left(10 \times 10^{-3} \times 0{\cdot}7 \times 10^5 - \frac{1}{0{\cdot}01 \times 10^{-6} \times 0{\cdot}7 \times 10^5}\right)}}$$

$$= \frac{5}{557}$$

$= 0{\cdot}009$ ஆம்பியர்கள்.

3. ஒரு தொடர் ஒத்தியைவுச் சுற்றில் 0·5 மில்லி ஹென்றி மின்நிலைமமும், 0·002 μF மின்தேக்கியும், 2 ஓம்கள் மின்தடையும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மாறுபடு அடுக்கத்தையுடைய இரண்டு வோல்ட் சைகை சுற்றிற்குக் கொடுக்கப்படுகிறது.

(a) ஒத்தியைவு அடுக்கம், (b) ஒத்தியைவு மின்னோட்டம் (c) ஒத்தியைவில் மின்தேக்கிக்கிடையே மின்னழுத்தம், (d) சுற்றின் Q மதிப்பு, (e) சுற்றில் அடுக்கம் ஒத்தியைவு அடுக்கத்தில் 0·7 பங்கு இருக்கும்போது சுற்றில் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு.

$L = 0{\cdot}5 \times 10^{-3}$ ஹென்றி

$C = 0{\cdot}002 \times 10^{-6}$ ஃபாரட்

$R = 2$ ஓம்

$E = 2$ வோல்ட்டுகள்

$fr = ?$

$Im = ?$

$E_C = ?$

$Q = ?$

$I = ?$

(a) $fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{\cdot}5 \times 10^{-3} \times {\cdot}002 \times 10^{-6}}}$

$$= \frac{10^6}{2\pi}$$

$= 1{\cdot}558 \times 10^5$ சுற்றுகள்.

$$wr = 2\pi fr = \frac{2\pi \times 10^6}{2\pi}$$

$$= 10^6$$

(b) ஒத்திசைவில் மின்னோட்டம் $Im = \frac{E}{R} = \frac{2}{2}$

$= 1$ ஆம்பியர்.

(c) $$E_c = Im \times \frac{1}{cw}$$

$$= \frac{Im}{c \times 2\pi fr}$$

$$= \frac{1}{0 \cdot 002 \times 10^{-6} \times 10^6}$$

$= 500$ வோல்ட்.

(d) $$Q = \frac{Lwr}{R}$$

$$= \frac{0 \cdot 5 \times 10^{-3} \times 10^6}{2}$$

$$= \frac{500}{2}$$

$$= 250.$$

(e) $0 \cdot 7\ fr$-ல் மின்னோட்டம்.

$$f = 0 \cdot 7\ fr.$$

$$= \frac{0 \cdot 7 \times 10^6}{2\pi}$$

$$= \frac{7 \times 10^5}{2\pi}$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(Lw - \frac{1}{cw}\right)^2}}$$

$$= \frac{2}{\sqrt{4+\left(0{\cdot}5\times10^{-3}\times7\times10^{+5} - \frac{1}{0{\cdot}002\times10^{-6}+7\times10^{+5}}\right)^2}}$$

$$= \frac{2}{364}$$

$= 0{\cdot}0055$ ஆம்பியர்.

மாதிரி வினுக்கள்

1. தொடர் ஒத்தியைவுச் சுற்றின் கொள்கையை விளக்குக. ஒத்தியைவு அடுக்கம், ஒத்தியைவு மின்னோட்டம் ஆகிய வற்றிற்குச் சமன்பாடுகளைப் பெறுக. அடுக்கத்திற்கும், மின்னோட்டத்திற்குமுள்ள தொடர்பை விளக்குக.

2. மின்தடையுடன் கூடிய மின் நிலைமத்தையுடைய ஓர் இணை ஒத்தியைவுச் சுற்றின் கொள்கையை விளக்குக.

   (a) ஒத்தியைவு அடுக்கம்.

   (b) ஒத்தியைவு மின்னோட்டம்.

   (c) ஒத்தியைவு மின்னெதிர்ப்பு ஆகியவற்றைக் காண்க.

3. இசைவித்தல், பொறுக்குத் திறன், ஒத்ததிர்வின் கூர்மை ஆகியவற்றை விளக்குக. ஒத்ததிர்வின் கூர்மை எவ்வாறு மின் சுற்று மாறிலிகளைப் பொறுத்துள்ளது ?

4. ஒரு கம்பிச் சுருளின் பண்பு (quality), இணைப்பெண் coefficient of coupling) மாறுநிலை இணைப்பெண் ஆகிய வற்றை விளக்குக.

5. சிறு குறிப்பு வரைக :

   (a) ஏற்புச் சுற்றுகள் (acceptor circuits)

   (b) மறுப்புச் சுற்றுகள் (rejector circuits)

   (c) இணைப்புச் சுற்றுகள் (coupled circuits)

6. ஒரு மின்சுற்றில் பின்தங்கல், (lagging) முன்னோடுதல் (lead) என்பனவற்றை விளக்குக.

(i) ஒரு தூய மின்தடை, (ii) ஒரு தூய மின்நிலைமம், (iii) ஒரு தூய மின்தேக்கி ஆகியவற்றிற்கு ஒரு மாறு திசை மின்னியக்கு விசை கொடுக்கப்படுகின்றது. ஒவ்வொன்றிலும் மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைக்கும், மாறு திசை மின்னோட்டத்திற்குமுள்ள கட்ட பேதத் தொடர்புகளைக் காண்க. எனவே, கம்பிச்சுருள், மின் தேக்கி ஆகியவற்றைப் பொறுத்து மின்மறுப்பை விளக்குக.

7. ஒரு மாறு திசை மின்னியக்கு விசை, ஒரு மின்தேக்கி, ஒரு மின்தடை ஆகியவை தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின்சுற்றுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. மின்சுற்றில் மின்னோட்டம், மின்னெதிர்ப்பு ஆகியவற்றைக் காண்க.

8. ஒரு சோக்கின் (choke) கொள்கையை விவரி. ஒரு மின் தடைமாற்றி (rheostat), ஒரு மின்மாற்றி (transformer) ஆகியவற்றைவிட ஒரு சோக் உயர்ந்ததாகக் கருதப்படுவதேன்?

9. A.C. மின்னியக்குவிசை கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின் சுற்றில் மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கும் முறைகளை விவரி. நீ எந்த முறையைச் சிறந்தது எனக் கருதுகிறாய்?

10. மின் திறனை வெகுதூரங்களுக்கு ஏன் உயர்மின்னழுத்தங்களில் பரப்புகின்றனர்? குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் பரப்பினால் வரும் இடையூறுகள் யாவை? வெகு தூரங்களுக்கு மின்னாற்றலைச் செலுத்த மாறு திசை மின்னோட்டத்தைப் பயன்படுத்துவது ஏன்?

8. மின்குழாய்கள்

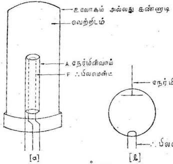
(Valves)

ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி இன்னோரன்ன வியத்தகு கண்டுபிடிப்புகளுக்குக் காரணம் மின்குழாய்கள் (electron tubes) அல்லது வெப்ப அயனி வால்வுகள் (thermionic valves) ஆகும். இச் சிறு சாதனம் அற்புதத்திறமை வாய்ந்தது. மின் குழாய்கள் விஞ்ஞானத்தின் தலைசிறந்த கண்டுபிடிப்புகளில் ஒன்றாகும்.

1882 ஆம் ஆண்டில் ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த எல்ஸ்டரும் (Elster) கைட்டலும் (Geital) ஒரு வெற்றிடக் குழாயில் ஒரு மின் இழையையும், தகட்டையும் பொருத்தினர். அம் மின்னிழைக்குச் சூடேற்றினர். அப்பொழுது அக் குழாயில் ஒரு திசையில்மட்டுமே மின்னோட்டம் செல்வதைக் கண்டனர். ஆனால், என்ன காரணத் தாலோ அவர்கள் தங்கள் ஆராய்ச்சியை மேற்கொண்டு தொடரவில்லை. பின்னர் 1883 ஆம் ஆண்டில் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் தாம் கண்டு பிடித்த மின்விளக்கினுள் ஒரு தகட்டைப் பொருத்தி அதற்கு நேர்மின்னூட்டம் கொடுத்தார். அப்பொழுது மின்னிழைக்கும் தகட்டிற்குமிடையே ஒரு மின்னோட்டம் பாய்ந்தது. தகட்டிற்கு எதிர்மின்னூட்டம் கொடுத்தபொழுது மின்னோட்டம் தடைப்பட்டுவிட்டது. இந்த விளைவிற்கு எடிசன் விளைவு (Edison effect) என்று பெயர் கோடுக்கப்பட்டது. ஆனால், அவரும் இதைப் பற்றி ஆராய்ச்சியைத் தொடரவில்லை. பிறகு 1909-ல் ஃபிளெமிங் (Fleming) என்ற விஞ்ஞானி முதல் மின்குழாயைக் கண்டு பிடித்தார். அதன் அமைப்பு அடுத்த பக்கத்தில் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

ஒரு கண்ணாடி அல்லது உலோகக் குழாயினுள் F என்ற உலோகக் கம்பி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அதற்கு ஃபிலமெண்ட் (filament) என்று பெயர். அதைச் சுற்றித் தொடாமல் குழாய் வடிவில் A என்ற ஓர் உலோகத் தகடு வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. குழாயினுள் உள்ள காற்று நீக்கப்பட்டுள்ளது. படம் 8.1 (b)ல்

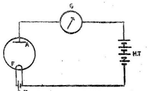
இக் குழாய் குறியீட்டு முறையில் காட்டப்பட்டுள்ளது. *A* என்ற உலோகத் தகட்டிற்கு நேர் மின்வாய் (anode) என்று பெயர்.



படம் 8-1

ஃபிளெமிங்கின் மின்குழாயின் அமைப்பு

இந்த மின்குழாய் வேலைசெய்யும் விதத்தை இப்போது விளக்குவோம்.



படம் 8-2

டயோடு மின்சுற்று

படம் 8.2ல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றைக் கவனிக்கவும்.

படத்தில் $L.T.$ என்ற குறைமின்னழுத்த மின்கல அடுக்கு (low tension battery) ஃபிலமெண்டைச் சூடாக்கப் பயன்படுகிறது. G என்பது ஒரு கால்வனு மீட்டர் (galvanometer) $H.T.$ என்பது ஓர் உயர் அழுத்த மின்கல அடுக்கு (high tension battery). $H.T.$யின் நேர்முனைவாய் கால்வனு மீட்டர் வழியாக A யுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றது. இதனுல் A நேர் மின்னழுத்தம் பெறுகின்றது. $L.T.$ என்ற மின்கல அடுக்கினுல் F என்ற ஃபிலமெண்டைச் சூடாக்கும்பொழுது அதிலுள்ள புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இதற்கு வெப்ப அயனி வெளியீடு (thermionic emission) என்று பெயர். இவ் விளைவை முதன்முதல் ரிச்சர்டுசன் (Richardson) என்ற விஞ்ஞானி கண்டுபிடித்தார்.

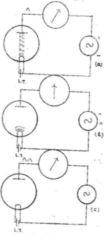
ஃபிலமெண்டிலிருந்து வெளிக்கிளம்பும் எலெக்ட்ரான்கள் குழாய்க்குள் நிறைந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் மேகத்தை (electron cloud) உருவாக்குகின்றன. இம் மேகம் ஃபிலமெண்டிலிருந்து மேன்மேலும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவருவதைத் தடுத்து விடுகிறது. இப்பொழுது Aயை $H.T.$யின் உதவியால் நேர் மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தினுல் எலெக்ட்ரான் மேகத்தி லிருந்து சில எலெக்ட்ரான்கள் Aயை நோக்கிச்செல்லும். ஆகவே, ஃபிலமெண்டிலிருந்து மேலும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவரும். இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதால் ஃபிலமெண்டில் உண்டாகும் எலெக்ட்ரான் குறைவை நீக்க $H.T.$ யின் எதிர்மின் வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் ஃபிலமெண்டிற்கு வருகின்றன. ஃபிலமெண்டிலிருந்து வெளியேறிய எலெக்ட்ரான்கள் நேர் மின் வாயினுல் ஈர்க்கப்பட்டு $H.T.$ யின் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லு கின்றன. இவ்வாறு நேர்மின்வாய் நேர்மின்னழுத்தம் பெற் றிருக்கும்பொழுது எலெக்ட்ரான் இயக்கம் நடைபெறுகின்றது.

$H.T.$ மின்கல அடுக்கின் எதிர் மின்வாயை A யுடன் இணைத்தால் அது எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாக ஆகும். எனவே, மின்னேட்டம் ஏற்படாது. இதற்குக் காரணம் மின் குழாயின் A எதிர் மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றிருப்பதால் எலெக்ட்ரான்களை ஒதுக்கிவிடுகிறது.

இந்த மின்குழாய் எலெக்ட்ரான்களை ஒரே திசையில்தான் செலுத்தும். A க்குக் கொடுக்கப்படும் நேர் மின்னழுத்தத்தை அதிகமாக்கினுலோ அல்லது ஃபிலமெண்டை அதிகமாகச் சூடாக்கி னுலோ அதிக எலெக்ட்ரான்கள் ஈர்க்கப்பட்டு மின்னேட்டம் அதிகரிக்கும். பேரியம் ஆக்ஸைடு (barium oxide) போன்ற இரசாயனக் கலவைகள் பூசப்பட்டுள்ள ஃபிலமெண்டுகள் குறைந்த வெப்பநிலையிலும் அதிக எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும்.

ஃபிலமெண்டைச் சுற்றியுள்ள நேர்மின்வாய் சிலசமயம் தகடு (plate) என்றும் கூறப்படும். இது நிக்கல் அல்லது மாலிப்டெனம் (molybdenum) என்ற உலோகத்தாலான குழாய். திறன் மிகுந்த மின்குழாய்களில் நேர்மின்வாய் செப்புத்தகட்டால் செய்யப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்குழாயில் ஃபிலமெண்ட் (இதற்கு எதிர் மின்வாய்-cathode என்றொரு பெயருமுண்டு) நேர்மின்வாய் ஆகிய இரு உறுப்புகளேயிருப்பதால் இதற்கு டயோடு (diode) என்று ஆங்கிலத்தில் பெயர் கொடுக்கப்பட்டது.

நேர் மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் *H.T.* என்ற மின் கல அடுக்கிற்குப் பதிலாக இருதிசை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கும் ஓர் இயற்றியை இணைத்தால் நேர்மின்வாய் நேர்

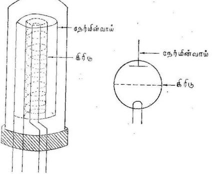


படம் 8·3

டயோடு திருத்திச் சுற்று

மின்னூட்டத்தையும் எதிர்மின்னூட்டத்தையும் மாறிமாறிப் பெறும். நேர்மின்வாய் நேர்மின்னூட்டம் பெறும்போதுமட்டுமே

எலெக்ட்ரான்கள் ஈர்க்கப்படுமாதலால் அவற்றின் இயக்கம் விட்டு விட்டு நிகழும். அதாவது டயோடு இருதிசை மின்னோட்டத்தை ஒருதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றவல்லதாக இருக்கின்றது. ஆகையால் டயோடைத் திசைமாற்றியாகப் பயன்படுத்த முடிகிறது. இதனை டயோடு திருத்தி (diode rectifier) என்று சொல்லலாம். இதுவே டயோடின் சிறந்த பயனுமாகும். இந்தக் கருத்துக்களைப் படம் 8·3 விளக்குகிறது.

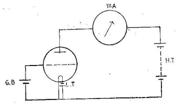


படம் 8·4

டிரயோடு மின்குழாய்

டயோடு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட சிறிது காலத்திற்குப் பிறகு (லீ டி. ஃபாரஸ்ட்) (Lee De. Forest) என்ற விஞ்ஞானி மின் குழாய்க்குள் மெல்லிய கம்பிச் சுருளாலான மூன்றுவது உறுப்பு ஒன்றைப் பொருத்தினர். இது ஃபிலமெண்டைத் தொடாமல் குழாய்க்குள் பொருத்தப்பட்டது. இப்பொழுது மின்குழாய்க்குள் மூன்று உறுப்புகள் உள்ளன. எனவே, இந்த மின் குழாய்க்கு டிரயோடு (triode) என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. இந்த மூன்றுவது உறுப்பிற்கு கிரிடு (grid) என்று பெயர். இந்த டிரயோடு மின்குழாயின் அமைப்பு படத்தில் (8·4) காட்டப் பட்டுள்ளது.

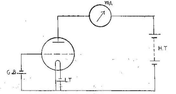
படம் 8·5 ல் காட்டியுள்ளபடி டிரயோடு மின்குழாயின் நேர் மின் வாயுடன் $H.T.$ என்ற உயர்ந்த மின்னழுத்தமுள்ள ஒரு மின் கல அடுக்கின் நேர்மின்வாயை இணைப்போம்.



படம் 8-5 (a)

டிரயோடு மின்குழாய்ச் சுற்று

ஃபிலமெண்டுடன் $L.\ T.$ என்ற குறைந்த மின்னழுத்த முள்ள ஒரு மின்கல அடுக்கையும் கிரிடுடன் $G.\ B.$ என்ற மின்கல அடுக்கையும் இணைப்போம். $G.\ B.$ என்பது (Grid Bias) என்ற வார்த்தைகளின் சுருக்கமாகும். படம் 8.5 (a) ல் கிரிடு நேர் மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. இது கிரிடு



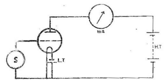
படம் 8-5 (b)

டிரயோடு மின்குழாய்ச் சுற்று

மின்னழுத்தம் (grid voltage) என்று கூறப்படுகிறது. படத்தில் mA என்பது மில்லி அம்மீட்டராகும். ஃபிலமெண்ட் சூடாக்கப்படும் போது அதனின்றும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேறி ஓர் எலெக்ட் ரான் மேகத்தை உருவாக்குகின்றன. கிரிடு $G.\ B.$ என்ற மின்கல

அடுக்கின் உதவியால் நேர் மின்னூட்டம் பெற்று எலெக்ட்ரான்களை ஈர்த்து எலெக்ட்ரான் மேகத்தின் வலிமையைக் குறைக்கிறது. எனவே, ஃபிலமெண்டிலிருந்து மேன்மேலும் அதிக எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்பட்டு நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்கின்றன. எனவே, டயோடைக்காட்டிலும் இங்கு மின்னோட்டம் அதிகமாகிறது. மேலும் கிரிடு மின்னழுத்தத்தை $G.B.$ மின்கல அடுக்கின் மின் இயக்கு விசையை அதிகரிப்பதன்மூலம், டிரயோடு வழியாக ஏற்படும் மின்னோட்டத்தையும் அதிகரிக்கலாம்.

படம் 8.5 (b)ல் காட்டியபடி கிரிடை $G. B.$ என்ற மின்கல அடுக்கின் எதிர்மின்வாயுடன் இணைப்பதாகக் கொள்வோம். இந்த முறையில் கிரிடு எதிர்மின்னழுத்தம் பெறுகின்றது. இதனால் அது ஃபிலமெண்ட் வெளிவிடும் எலெக்ட்ரான்களில் சிலவற்றைத் தடுத்து நிறுத்தும். அப்போது மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் குறைந்துவிடுகிறது.



படம் 8-5 (c)

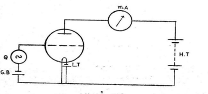
டிரயோடு சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம்

அடுத்துப் படம் 8.5 (c)ல் காட்டியபடி ஒரு மாறு திசை மின்னோட்டத்தை மின்குழாயின் கிரிடுடன் இணைப்போம்.

இப்போது கிரிடு மாறிமாறி நேர்மின்னூட்டத்தையும் எதிர் மின்னூட்டத்தையும் பெறுகின்றது. ஆகவே, நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் (நேர்மின்வாய் $H.T.$ மின்கல அடுக்கு, ஃபிலமெண்ட் ஆகியவை அடங்கிய சுற்று) மின்னோட்டம் கூடியும் குறைந்தும் ஆனால் ஒரே திசையில் செல்லும். அதாவது கிரிடு நேர்மின்னழுத்தம் பெற்றிருக்கும்போது சுற்றில் மின்னோட்டம் அதிகமாயும், கிரிடு எதிர்மின்னழுத்தம் பெற்றிருக்கும்பொழுது சுற்றில் மின்னோட்டம் குறைந்துமிருக்கும். ஆகவே, கிரிடுச் சுற்றில் ஒரு மாறு திசை மின்னோட்டத்தைப் புகுத்தும்போது, அது வலிமை மாறும் ஒரே திசை மின்னோட்டத்தை (varying current) நேர்மின்வாய்ச்

சுற்றில் உருவாக்குகிறது. எனவே, டிரயோடையும் திசை மாற்றியாகப் பயன்படுத்தலாம் என்பது புலனாகின்றது.

கிரிடுடன் மாறு திசை மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்கும் கருவி ஒன்றினை இணைப்பதால், அது மாறிமாறி நேர்மின்னூட்டத்தையும், எதிர்மின்னூட்டத்தையும் பெறும் என்று முன்னர்க் கூறினோம். ஆனால், கிரிடு நேர்மின்னூட்டம் பெறும்படி சாதாரணமாக விடுவதில்லை. ஏனெனில் கிரிடும் எலெக்ட்ரான்களை ஈர்த்துக் கொள்ளும். ஆகவே, பொதுவாக கிரிடுக்கு எதிர்மின்னூட்டத்தைக் கொடுத்து (படம் 8.6.) அதன் அளவைக் கூட்டியும் குறைத்தும் கிரிடுச் சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்துடன் ஒரு நிலையான ஒரு திசை மின்னோட்டத்தையும் பாயவிடுகிறோம். இதற்கு மின் குழாயின் கிரிடுச் சுற்றில் குறைந்த அழுத்தத்தைக் கொடுக்கக் கூடிய ஒரு மின்கல அடுக்கை இணைக்கிறோம். இதை இணைக்கும் போது மின்கல அடுக்கின் எதிர் மின்வாய் மின்குழாயின் கிரிடுடன் இணைக்கப்படல் வேண்டும். இப்பொழுது கிரிடுச் சுற்றில் மாறு திசை மின்னழுத்தம் ஒரு திசை மின்னழுத்தம் ஆக இரு மின்னழுத்தங்கள் செயல்படுகின்றன. இந்த அமைப்புகளையே படம் 8.6 காட்டுகிறது. $m.A$ என்பது வழக்கமாகக் குறிக்கப்படும் மில்லி அம்மீட்டராகும். படத்தில் $G.B.$ என்பது A வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கக்கூடிய மின்கல அடுக்கு எனக்



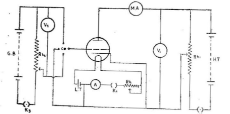
படம் 8-6

டிரயோடு சுற்றில் ஒருதிசை, மாறுதிசை மின்னழுத்தங்கள்

கொள்வோம். Q என்பது $+2$ வோல்ட்டுக்கும் -2 வோல்ட்டுக்கும் மாறக்கூடிய மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கக் கூடிய கருவி எனக் கொள்வோம். இதனால் $Q+2$ வோல்ட்டாக இருக்கும் போது கிரிடு $-4+2=-2$ வோல்ட் மின்னழுத்தத்தையும் $Q-2$ வோல்ட்டாக இருக்கும்போது கிரிடு $-2-4=-6$ வோல்ட் மின்னழுத்தத்தையும் பெறுகின்றது. அதாவது கிரிடு எப்பொழுதும் எதிர்மின்னூட்டம் பெற்று -2 வோல்ட்டுக்கும்

—6 வோல்ட்டுக்கும் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். கிரிடின் மின்னழுத்தம் —2 வோல்ட்டாக இருக்கும்போது நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் அதிக மின்னோட்டமும் கிரிடு மின்னழுத்தம் —6 வோல்ட்டாக இருக்கும்போது குறைந்த மின்னோட்டமும் நிகழும். கிரிடுச் சுற்றில் எதிர்மின்னழுத்தத்தைக் கூட்டிக்கொண்டே சென்றால் ஒரு நிலை அடைந்தவுடன் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னோட்டம் முற்றிலும் நின்றுவிடும். இந்த மின்னழுத்தத்தை வெட்டு மின்னழுத்தம் (cut off voltage) என்று கூறுகிறோம்.

மேலே கண்ட முறையில் டிரயோடுகுழாயின் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் ஒரு மின்தடையை இணைக்காமல், அதன் பண்புகளைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்தப் பண்புகளை வரைகோடுகள்மூலம் வரைந்து காட்டினால் அவற்றிற்குப் பண்பியல் கோடுகள் (characteristic curves) என்று பெயர். நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் ஒரு தடையை இணைக்காதபோது அவை நிலையியல் பண்புக் கோடுகள் (static characteristic curves) எனப்படும். இத்தகைய கோடுகளைக் கொண்டு ஒரு மின் குழாயின் தொழிற்படுமுறையையும் உபயோகங்களையும் நிர்ணயிக்கலாம். இத்தகைய நிலையியல் பண்புக் கோடுகள் குறிப்பிட்ட கிரிடு மின்னழுத்தத்தில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்திற்கும் வரையப்படுகின்றன. அல்லது குறிப்பிட்ட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் கிரிடு மின்னழுத்தம் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றிற்கிடையேயும் இத்தகைய கோடுகளை வரையலாம்.



படம் 8·7

டிரயோடு சிறப்பியல் வளைகோடு சுற்று

மின் குழாயின் பண்புகளை அறிவதற்கான மின் சுற்று, படம் 8.7ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அந்த மின் சுற்றில் மூன்று முக்கியப் பகுதிகள் உள்ளன. (1) ஃபிலமெண்ட் சுற்று, (2) நேர்மின்வாய்ச் சுற்று, (3) கிரிடுச் சுற்று. ஃபிலமெண்ட் சுற்றில் குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஓர் அம்மீட்டர் (ammeter) ஒரு முனைச்சாவி (key k_1) ஒரு மின் தடை மாற்றி (Rh) ஆகியவை தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் ஒரு உயர் மின்னழுத்த மின்கல அடுக்கு, ஒரு முனைச்சாவி (K_1) ஒரு மின்தடை மாற்றி (Rh_1) ஆகியவை தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தடை மாற்றி (Rh_1) மின்னழுத்தத்தைப் பகுப்பதற்கு (potential divider)ப் பயன்படுகிறது. மின் தடைமாற்றியின் நேர் மின்வாய் ஒரு மில்லி அம்மீட்டர் மூலமாய் மின்குழாயின் நேர் மின்வாயுடனும் வழுக்குத் தொடுமுனை (sliding contact) ஃபிலமெண்டுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. Rh_1 என்ற மின்தடை மாற்றியின் நிலையான முனைக்கும், வழுக்குத் தொடுமுனைக்கும் இடையே இணைக்கப்பட்டுள்ள V_1 என்ற மின்னழுத்தமானி (voltmeter) நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தைக் காட்டுகிறது. மில்லி அம்மீட்டர் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தை அளக்கிறது. கிரிடுச் சுற்றிலும் மின்னழுத்தத்தைப் பகுக்கும்முறை உள்ளது. கிரிடுச் சுற்றில் ஒரு மின்கல அடுக்கு ஒரு மின்தடை மாற்றி (Rh_2) ஒரு முனைச் சாவி K_3 ஆகியவை தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கிரிடுச் சுற்றின் நேர்மின்வாய், எதிர்மின்வாய் முனைகள் ஒரு திசைமாற்றியின் எதிர் எதிரான திருகுகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மற்ற இரு எதிரெதிரான முனைகளுடன் கிரிடும் ஃபிலமெண்டும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. V_2 என்ற வோல்ட் மீட்டர் கிரிடு மின்னழுத்தத்தை அளக்கிறது. திசைமாற்றியை உபயோகித்து கிரிடு மின்னழுத்தத்தை நேர்க்குறியிலிருந்து எதிர்க் குறியாகவோ எதிர்க் குறியிலிருந்து நேர்க் குறியாகவோ மாற்றலாம். Rh_2 வைப் பயன்படுத்தி மின்னழுத்தத்தின் அளவைக் குறைக்கலாம்; அல்லது கூட்டலாம்.

நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கும், நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between plate voltage and plate current) :

தொடக்கத்தில் Rh_2 என்ற மின் தடை மாற்றியைப் பயன்படுத்தி கிரிடு மின்னழுத்தம் —20 வோல்ட்டுகள் இருக்கும்படி செய்ய வேண்டும். Rh_1 என்ற மின்தடை மாற்றியைப் பயன்படுத்தி நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். மில்லி அம்மீட்டரிலிருந்து நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தின் அளவைக் குறித்துக்கொள்ள

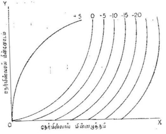
வேண்டும். கிரிடு மின்னழுத்தத்தை −20 வோல்ட்டுகளிலேயே வைத்துக்கொண்டு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை 200 வோல்ட்டுகள் வரையில் இருபது இருபது வோல்ட்டுகளாக உயர்த்த வேண்டும். ஒவ்வொரு தடவையும் அதாவது ஒவ்வொரு மின்னழுத்தத்திற்கும் சமமான நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தை

அட்டவணை 8.8

கிரிடு மின் னழுத்தம்	நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் (மில்லி ஆம்பியரில்)										
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
−20											
−15											
−10											
−5											
0											
+5											
+10											
+15											
+20											

அளக்க வேண்டும். இந்தச் சோதனையை கிரிடு மின்னழுத்தம் −15, −0, −5, 0, +5, +10, +15, +20 வோல்ட்டுகளுக்குச் செய்யவேண்டும். பிறகு மேற்கண்ட முறைப்படி அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும்.

நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை X-அச்சிலும், நேர் மின்வாய் மின்னேட்டத்தை Y-அச்சிலும் கொண்டு ஒவ்வொரு கிரிடு மின் னழுத்தத்திற்கும் வரைபடங்கள் வரைதல் வேண்டும். இந்த வரைபடங்களுக்கு நேர் மின்வாய்ப் பண்பியல் வளைவு கோடுகள் (anode characteristics) என்று பெயர். கிரிடு எதிர் மின்னழுத்தத் தைப் பெற்றிருக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் நேர்க் குறியாக இருக்கும்போதுகூட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் சுழி யாக இருப்பது இந்த வளைகோடுகளிலிருந்து புலனுகின்றது. நேர் மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னேட்டம் ஒரே திசையில் இருப்பதால், டிரயோடு மின் குழாயைத் திருத்தியாக (rectifier) உபயோகிக்க லாம் என்பதும் தெரியவருகின்றது.



படம் 8·9

நேர்மின்வாய்ப் பண்பியல் வளைகோடுகள்

நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்க அதிகரிக்க நேர் மின்வாய் மின்னேட்டமும் அதிகரிக்கின்றது.

கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டத் திற்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between grid voltage and plate current) :

இந்தச் சோதனையில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை நிலை யாக வைத்துக்கொண்டு வெவ்வேறு கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்குச் சரியான நேர்மின்வாய் மின்னேட்டத்தைக் காணல்வேண்டும். முதலில் Rh_2 என்ற மின்தடை மாற்றியைப் பயன்படுத்தி கிரிடு மின்னழுத்தம் -20 வோல்ட்டுகள் இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும். Rh_1 என்ற மின்தடை மாற்றியை உபயோகித்து நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் 100 வோல்ட்டுகள் இருக்குமாறு

செய்யவேண்டும். மில்லி அம்மீட்டரிலிருந்து மின்னோட்டத்தைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். கிரிடு மின்னழுத்தம் அதிகமாயிருப்பதால் இப்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் சுழியாகக் கூட இருக்கலாம். நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை 100 வோல்ட்டுகளிலேயே வைத்துக்கொண்டு கிரிடு மின்னழுத்தத்தை −18, −16, −14 ... ... 0 (சுழி) வோல்ட்டுகளாக மாற்றி ஒவ்வொரு நிலையிலும் மில்லி அம்மீட்டரில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். இப்போது திசை மாற்றியைத் திருப்பி, கிரிடு மின்னழுத்தத்தை இரண்டிரண்டு வோல்ட்டுகளாகச் சுழியிலிருந்து +20 வோல்ட்டுகள்வரை உயர்த்த ஒவ்வொரு நிலையிலும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். சோதனையை நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தங்கள் 140, 180, 220 வோல்ட்டுகளுக்குச் செய்யவேண்டும். கீழ்க்கண்டபடி மதிப்புகளை அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும்.

அட்டவணை 8.10.

கிரிடு மின்னழுத்தம்	நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் (மில்லி ஆம்பியர்)			
	100	140	180	220
−20				
−18				
−16				
−14				
−12				
−10				
−8				
−6				
−4				
−2				
0				

அட்டவணை 8·10. (தொடர்ச்சி)

+ 2				
+ 4				
+ 6				
+ 8				
+10				
+12				
+14				
+16				
+18				
+20				

கிரிடு மின்னழுத்தத்தை X–அச்சிலும், நேர் மின்வாய் மின்னோட்டத்தை Y–அச்சிலும் கொண்ட ஒவ்வொரு நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கும் வரைபடம் வரையப்படுகின்றது. இந்த வரைகோடுகளுக்குத் தகட்டுச் சிறப்பியல் வரைகோடுகள் (mutual characteristic curves) என்று பெயர். நேர்மின்வாய் மின்தடை (plate resistance) பெருக்க எண் (amplification factor), பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் (mutual conductance) ஆகியவற்றைக் காண இந்த வளைகோடுகள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

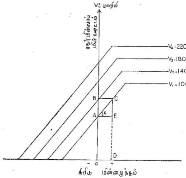
நேர்மின்வாய் மின்தடை (Plate resistance) அல்லது மின்எதிர்ப்பு (Impedance) :

கிரிடு மின்னழுத்தம் மாருதிருக்கையில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்த உயர்வுக்கும், அதனுல் ஏற்படும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்ட உயர்வுக்கும் உள்ள தகவே நேர்மின்வாய் மின் தடை எனப்படும். இது 'ஓம்' என்ற அலகால் குறிக்கப்படுகிறது.

கிரிடு மின்னழுத்தம் Vi என்ற அளவில் மாருதிருக்கும் போது, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் மிகச் சிறிய வேறுபாடு

δVa நேர் மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் δIa என்ற அளவுமாற்றத்தை உண்டாக்குமானல், நேர்மின்வாய் மின்தடை

$$R = \left(\frac{\delta Va}{\delta Ia}\right) Vi \text{ மாறிலி.}$$



படம் 8-11

நேர்மின்வாய்ச் சிறப்பியல் வரைகோடு

நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தங்கள் $R_1 = 100$ வோல்ட்டுகள், $R_2 = 140$ வோல்ட்டுகள் என்பவற்றிற்குச் சரியான இரண்டு சிறப்பியல் வரைகோடுகளை எடுத்துக்கொள்ளவும். கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழிக்குச் சரியான A, B என்ற இரு புள்ளிகளை இந்த வரைகோடுகளில் எடுத்துக்கொண்டால், நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் V_1 லிருந்து V_2க்கு உயரும்போது, நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் AB அளவு (அதாவது OA விலிருந்து OBக்கு) உயருகிறது.

எனவே,

$$R = \frac{V_2 - V_1}{AB}$$

ஆகவே, $R = \frac{\delta Va}{\delta Ia} = \frac{V_2 - V_1}{AB}$ ஓம்கள்.

வரைகோடுகள் ஏறக்குறைய இணைகோடுகளாக விருப்பதால் R ஒரு மாறிலியாக இருக்கும்.

பெருக்க எண் (Amplification factor) :

நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் மாறாதிருக்கையில், அதன் மின்னழுத்தத்திற்கும், கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தகவே பெருக்க எண் எனப்படும். இது μ என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப் படுகிறது. பெருக்க எண்

$$\mu = \left(\frac{\delta Va}{\delta Vi}\right) \delta Ia \text{ மாறிலி}$$

படம் 8.11ல் C என்பது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் 100 வோல்ட்டுக்குச் சரியான வரைகோட்டில் ஒரு புள்ளியாகும். கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் V_1 லிருந்து V_2க்கு உயர்வதாகக் கொள்வோம். அப்போது அதன் மின்னோட்டம் AB அளவு உயருகிறது. இதை வேறு விதத்திலும் கருதலாம். நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை V_1ல் நிலையாக வைத்துக்கொண்டு, கிரிடு மின்னழுத்தத்தைச் சுழியிலிருந்து ODக்கு உயர்த்தினால், நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் $EC (= AB)$ உயரும். எனவே, பெருக்க எண்

$$\mu = \frac{\delta Va}{\delta Vc} \delta Ia \text{ மாறிலி} = \frac{V_2 - V_1}{OD}$$

பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் (Mutual conductance) :

நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் மாறாதிருக்கையில், அதன் மின்னோட்ட மாற்றத்திற்கும், அந்த மாற்றத்திற்குக் காரணமான கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்குமுள்ள தகவே பரிமாற்றுக் கடத்து திறனாகும். இது உண்மையில் கிரிடு மின்தடையின் தலைகீழ் மதிப்பேயாகும். பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் 'மோ' (mho) என்ற அலகில் அளக்கப்படுகிறது. பரிமாற்றுக் கடத்துதிறனை Gm ஆகவும், நேர்மின்வாய் மின்னோட்ட மாற்றத்தை δIa ஆகவும், கிரிடு மின்னழுத்த மாற்றத்தை δV_i ஆகவும் கொண்டால்,

$$Gm = \left(\frac{\delta Ia}{\delta Vi}\right)$$

δVa மாறிலி

இவ்வாறு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் V_1ல் நிலையாக இருக்கும் போது, கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து ODக்கு அதிகரிக்கு

மாறுவல், நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் மாற்றம் $Ec\ (= AB)$ ஆகும். எனவே, பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன், $Gm = \frac{AB}{OD}$ ஆகும். மேலும் சிறப்பியல் வரைகோடுகளின் வாட்டம் (slope)

$$= \frac{CE}{AE} = \frac{AB}{OD} = Gm$$

இவ்வாறு சிறப்பியல் வரைகோடுகளின் வாட்டம் பரிமாற்றுக் கடத்து திறனுக்குச் சமமாகும்.

பரிமாற்றுக் கடத்து திறன், பெருக்க எண், மின் எதிர்ப்பு ஆகியவற்றிற்கிடையேயான தொடர்பு :

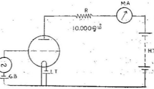
Gm, μ, R என்பவை முறையே ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன், பெருக்க எண், மின் எதிர்ப்பு ஆகிய வற்றைக் குறிக்கட்டும்.

$$\mu = \frac{V_2 - V_1}{OD} = \frac{V_2 - V_1}{AB} \times \frac{AB}{OD}$$

$$= R \times Gm.$$

$$\therefore \quad Gm = \frac{\mu}{R}$$

ஒரு மின்தடைவழியாக ஒரு மின்னோட்டம் நிகழும்போது அத் தடையின் இருமுனைகளுக்கிடையே ஓமின் விதிப்படி ஒரு மின்னழுத்த மாறுபாடு ஏற்படும் என்று முன்பு கண்டோம்.



படம் 8-12

டிரயோடு இயக்கப் பண்பியல் கோடுகள்

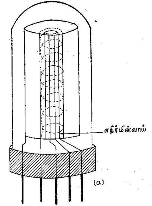
காட்டாக மின்குழாயின் நேர்மின்வாயுடன் 10,000 ஓம் மதிப்புள்ள ஒரு மின்தடையைப் படம் 8.12ல் காட்டியுள்ளபடி

இணைப்போம். இப்படி இணைக்கும்போது மின்தடையின் இரு முனைகளுக்கிடையில் ஒரு மின்னழுத்த மாறுபாடு தோன்றுகிறது. உதாரணமாக நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் 5 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் நிகழ்வதாகக் கொள்வோம். அதனால் மின்தடையின் இரு முனைகளுக்கிடையில் $\frac{5}{1000} \times 10{,}000 = 50$ வோல்ட் மின்னழுத்த மாறுபாடு உண்டாகிறது. *H.T.* மின்னழுத்தம் 250 வோல்ட்டுகள் எனக்கொண்டால் நேர்மின்வாயுடன் 10,000 ஓம் மின்தடையை இணைப்பதால், இதன் மின்னழுத்தத்தில் 50 வோல்ட் குறைகிறது. எனவே, நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னோட்டம் குறையும். *R* என்ற மின்தடையை அதிகமாக்கினால் நேர்மின்வாய்க்குக் கிடைக்கும் மின்னழுத்தமும் குறையும். எனவே, *R* ஐ அதிகமாக்கிப் பெருக்கற்பலனை அதிகமாக்க முயன்றால், அதன் காரணமாகவே நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னோட்டம் குறைந்து, அதில் ஏற்படும் மின்னழுத்த மாறுபாடும் குறைந்துவிடும். எனவே *R*ஐ அதிகரித்துக்கொண்டே சென்றாலும் மின்குழாயின் பெருக்கற்பலனை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவே அதிகரிக்க முடியும்.

டிரயோடு மின்குழாயைப் பெருக்கி (amplifier) பகுப்பான் (detector), அலையியற்றி (oscillator) ஆகியவைகளாக உபயோகிக்கலாம். குறைந்த அளவு மின்னழுத்த மாறுதல்களை அதிக அளவு மின்னழுத்த மாறுதல்களாக மாற்றித் தரும்போது பெருக்கி எனவும், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை, ஒரேதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றித்தரும்போது பகுப்பான் எனவும், அலை உற்பத்திச் சாதனமாகப் பயன்படும்போது அலையியற்றி எனவும் டிரயோடு மின்குழாயை அழைக்கிறோம்.

இனி டிரயோடு மின்குழாயைப்பற்றிய வேறொரு கருத்தைக் கவனிப்போம். பொதுவாக மின்குழாய்களில் உள்ள ஃபிலமெண்டைச் சூடாக்குவதற்கு மின்னழுத்தம் குறைந்த மாறுதிசை மின்னோட்டத்தையே பயன்படுத்துகின்றனர். மாறுதிசை மின்னோட்டத்தில் மின்னழுத்தம் ஒரே அளவாக இல்லாமல் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். இந்த நிலை மின்னழுத்தம் குறைக்கப்பட்ட பின்னரும் நீடிக்கும். இதனால் ஃபிலமெண்டும் குறைவாகவும் அதிக அளவிலும் மாறிமாறிச் சூடாக்கப்படும். எனவே, ஃபிலமெண்டிலிருந்து வெளியாகும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் குறைந்தும் கூடவும் செய்யும். இந்தக் குறைதலும் பலமடங்கு பெருக்கப்பட்டு விரும்பத்தகாத ஓர் ஒலியைக் கொடுக்கும். இதை ஆங்கிலத்தில் 'ஹம்' (hum) என்று கூறுவர். இதைத் தடுப்பதற்காக ஃபிலமெண்டை ஒட்டி வேறொரு தகட்

டைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இதன் உட்புறத்தில் அலுமினியம் ஆக்ஸைடு பூசப்பட்டிருக்கும். இந்தப் பூச்சு ஃபிலமெண்டிற்கும், நிக்கல் குழாய் வடிவத்திலுள்ள தகட்டிற்கும் மின் தொடர்பு ஏற்படாமல் தடுக்கிறது. ஆனால், அதே சமயத்தில் ஃபிலமெண்டில் உண்டாகும் சூட்டை நிக்கல் குழாய்க்குக் கடத்துகிறது. நிக்கல் குழாயின் வெளிப்புறத்தில் பூசப்பட்டுள்ள ஸ்ட்ரான்ஷியம் ஆக்ஸைடு (strontium oxide), பேரியம் ஆக்ஸைடு (barium

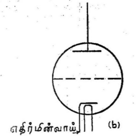


படம் 8-13

மறைமுகமாகச் சூடுபடுத்தப்படும் மின் குழாயின் அமைப்பு

oxide) கலவை ஃபிலமெண்டின் வெப்பநிலை மாறுபாட்டைப் பின்பற்றுமல், ஒரே வெப்பநிலையிலிருந்து ஒரே அளவு எலெக்ட்ரான்களை வெளியிட்டுக்கொண்டே இருக்கும். இந்த நிக்கல் குழாயை எதிர் மின்வாய் (cathode) என்று கூறுவர். மின்சுற்றுகளில் ஃபிலமெண்டிற்குப் பதிலாக நேர்மின் வாயையும், எதிர்மின் வாயையுமே இணைப்பர். இந்த எதிர் மின்வாய் ஃபிலமெண்டிற்குப் பதிலாக எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடப் பயன்படுகிறது. எனவே, இதை ஒரு தனி உறுப்பாகக் கருதி மின் குழாயின் பெயர் மாற்றப்

படுவதில்லை. இதையும் சேர்த்து நேர்மின்வாய், கிரிடு, ஃபில மெண்ட், எதிர்மின்வாய் என நான்கு உறுப்புகளிலிருந்த போதிலும், மின்குழாய் டிரயோடு எனவே வழங்கப்பெறுகிறது. ஆனால், இத்தகைய மின்குழாய்கள் மறைமுகமாகச் சூடுபடுத்தப்



படம் 8-13

மறைமுகமாகச் சூடுபடுத்தப்படும் மின்குழாயின் அமைப்பு

படும் மின்குழாய்கள் (indirectly heated valves) என அழைக்கப்படு கின்றன. இத்தகைய மின் குழாயின் அமைப்புப் படம் 8.13-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

டிரயோடு மின்குழாயைப் பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம் என்று மேலே கூறினோம். அதாவது டிரயோடு மின்குழாய் குறைந்த மின்னழுத்த மாறுதல்களை அதிக மின்னழுத்த மாறுதல் களாகப் பெருக்கிக் கொடுக்கிறது. இந்த மாறுதல்களின் அதிர் வெண் அல்லது அடுக்கம் செவியுறு அடுக்க அளவில் (audio frequency) இருக்கும்போது டிரயோடு மின்குழாய் நன்றாகவே தொழிற்படுகிறது. ஆனால், மிக அதிக அளவில், அதாவது ரேடியோ அடுக்க அளவில் (radio frequency) பெருக்கப்படவேண்டி அதிகரிக்கும்போது இடையூறுகள் ஏற்படுகின்றன. டிரயோடின் உறுப்புகள் ஒன்றையொன்று தொடாமலிருந்தபோதிலும், அவை களுக்குள் மின்தேக்கிமுறையில் தொடர்பு இருப்பதாகக் கருத லாம். அதாவது நேர்மின்வாயும் கிரிடும் சேர்ந்து ஒரு மின் தேக்கியாகவும், நேர்மின்வாயும் எதிர்மின்வாயும் சேர்ந்து ஒரு

மின்தேக்கியாகவும், எதிர்மின்வாயும் கிரிடும் சேர்ந்து ஒரு மின்தேக்கியாகவும் அமைகின்றன என்று கருதலாம். இவைகளில் முதலில் சொல்லப்பட்ட அமைப்பே முக்கியமானதாகக் கருதப்படுகிறது. ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கத்தின்போது நேர்மின்வாயில் ஏற்படும் பெருக்கப்பட்ட அலைவுகளின் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி கிரிடுச் சுற்றில் அத்தகைய அலைவுகளைத் தூண்டுதற்கு உதவியாக மேலே கூறப்பட்ட நேர் மின்வாய்—கிரிடு மின்தேக்கி உதவி செய்கிறது. இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட அலைவுகள் கிரிடுச் சுற்றில் உள்ள அலைவுகளோடு இசையும்படி அமையுமாயின், அவை மின்குழாயில் பெருக்கப்பட்டுத் திரும்பவும் கிரிடுச் சுற்றுக்கு வந்து சேரும். இந்த நிலை திரும்பத்திரும்ப நிகழுமாயின் இதனால் ஏற்படக்கூடிய ஒலியே மேலோங்கி நிற்கும். நமக்குத் தேவையான அடுக்கம் மறைந்துவிடும். இதைத் தடுக்கவேண்டுமானால் நேர்மின்வாய் கிரிடு மின்தேக்கி அமைப்பைத் தடுக்க வேண்டும். இதைச் செய்வதற்கு நேர்மின்வாய்க்கும், கிரிடுக்குமிடையில் மற்றொரு மின்வாயைப் பொருத்தவேண்டும் என்று ஷாட்கி (Schottky) என்ற விஞ்ஞானி கூறினார். இதன் அமைப்பு ஏறக்குறைய கிரிடின் அமைப்பைப்போலவே இருக்கும்; மேலும் எப்போதும் நேர்மின்வாயைவிடச் சற்றுக் குறைந்த அளவு நேர் மின்னூட்டம் பெற்றதாக இருக்கும். இத்தகைய மின்வாய் திரை கிரிடு (screen grid) என அழைக்கப்படுகிறது.

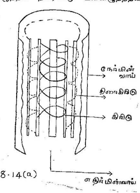
நேர்மின்வாய், கிரிடு, எதிர்மின்வாய், திரைகிரிடு ஆகிய நான்கு உறுப்புகளைக்கொண்ட மின்குழாயை டெட்ரோடு (tatrode) என வழங்குகின்றனர். திரைகிரிடு, அமைப்பில் பொதுவாக, கிரிடை ஒத்திருக்கும். ஆனால், கிரிடைவிடத் தளர்வாகச் (loose) சுற்றப்பட்டிருக்கும். திரைகிரிடுக்கு எப்பொழுதும் நேர் மின்னூட்டமே கொடுக்கப்படும். இந்த மின்னூட்டம் நேர்மின்வாய் மின்னூட்டத்தைவிடச் சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கும்.

திரை கிரிடின் இரு முக்கிய வேலைகளாவன :

(1) எதிர்மின்வாயை அடுத்துள்ள சூழ்மின்னூட்டத்தின் மீது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தின் விளைவைக் குறைப்பதாகும். எனவே, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் அதன் மின்னோட்டத்தில் கணிசமான அளவு மாறுதல்களை உண்டாக்குவதில்லை. ஆகவே, டெட்ரோடு சுற்றுகளில் கிரிடு மின்னழுத்தம் வெளிவரு மின்னழுத்த அளவுகளில் அதிக அளவு மாறுதல்களை உண்டாக்குகிறது.

(2) கிரிடு, நேர்மின்வாய் ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள மின்தேக்கு திறனைக் குறைத்து உயர் அடுக்கச் சுற்றுகளில் மின் குழாயின் தொழிற்படுதிறனை அதிகரித்தல். ரேடியோ அடுக்கங் களில் டிரயோடு மின்குழாயில் இந்த விளைவு அதிக இன்னல்களை உண்டாக்கும் என முன்பே கூறினோம்.

படம் 8.14(a) ஒரு டெட்ரோடு மின்குழாயின் அமைப்பையும் 8.14 (b) நேர்மின்வாய் சிறப்பியல்புகளையும் குறிக்கிறது. இந்தக் கோடுகள் 100 வோல்ட் நிலையான திரைகிரிடு மின்னழுத்தத்தை யுடைய 6J7 மின்குழாய்க்கு வரையப்பட்டவையாகும். நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தம் திரைகிரிடு மின்னழுத்தத்தைவிடக்

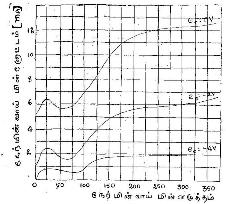


படம் 8·14(a)

டெட்ரோடு மின்குழாயின் அமைப்பு

குறைவாக இருக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் குறை வதைக் காண்கிறோம். இதற்குக் காரணம் நேர்மின்வாயை எலெக்ட்ரான்கள் அதிவேகத்துடன் சென்று தாக்குவதால் நேர்மின்வாயிலிருந்து புறப்படுகின்ற வெளிவரு எலெக்ட்ரான்களே (secondary electrons) யாகும். திரைகிரிடின் மின்னழுத்தம் நேர் மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருப்பதால் இந்த எலெக்ட்ரான்கள் திரைகிரிடினுல் கவரப்படுகின்றன. அதனுல் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் குறைகிறது, ஆகவே, திரைகிரிடு

மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. ஆனால், நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் திரைகிரிடு மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகரிக்கும்போது



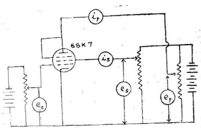
படம் 8.14(ஆ)

இந்த எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயைச் சென்றடைவதால் நேர் மின்வாய் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது.

டெட்ரோடு மின்குழாயின் நிலையியல் தனிப்பண்புகள் :

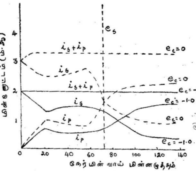
டெட்ரோடு மின்குழாயின் நிலையியல் தனிப்பண்புகளைக் காண்பதற்கான மின்சுற்றின் அமைப்பு படம் 8.15ல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. சுற்றில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்குழாய் 6SK7 பென் டோடு மின்குழாயாகும். மின்குழாய் டெட்ரோடாகச் செயற்படு வதற்கு இதன் அமுக்கு கிரிடு நேர்மின் வாயுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது.

கிரிடுக்குச் சுழிவோல்ட் மின்னழுத்தத்தையும் திரை கிரிடுக்கு மின்குழாய்ப் பட்டியலில் கூறப்பட்டுள்ள மின்னழுத்தத்திற்குச் சற்றுக் குறைவான மின்னழுத்தத்தையும் தொடக்கத்தில் கொடுத்து நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தைச் சுழியிலிருந்து உச்ச



படம் 8·15

மதிப்பிற்குக் கொண்டு செல்வோம். ஒவ்வொரு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கும் திரை மின்னோட்டமும், நேர் மின்வாய் மின்னோட்டமும் அளிக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சோதனை கிரிடுக்



படம் 8·16

குப் பல எதிர் மின்னழுத்தங்களைக் கொடுத்துத் திரும்பவும் செய்யப்படுகின்றது. சோதனை முழுவதையும் பல்வேறு திரை

கிரிடு மின்னழுத்தங்களுக்கும் திரும்பச் செய்யவேண்டும். X அச்சில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தங்களையும், Y அச்சில் நேர்மின் வாய்மின்னோட்டம், திரை கிரிடு மின்னோட்டம் ஆகியவைகளையும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அது படம் 8.16-ல் காட்டியவாறு அமையும்.

இரண்டாம் நிலை வெளிவரு தகவு (Secondary emission ratio) :

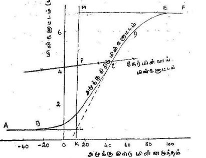
ஒரு மின்வாயில் உண்டாகின்ற இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, அந்த மின்வாயைச் சேருகின்ற முதல் நிலை எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். மேலும் இவற்றின் எண்ணிக்கை மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தையும் மேற்பரப்பின் தன்மையையும் பொறுத்தும் அமையும். எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கும் பரப்பின் தன்மைக்கும் இரண்டாம் நிலை வெளிவரு எண்ணே (secondary emission eofficient) நேர்மின்வாயிலிருந்து ஒரு வினாடி நேரத்தில் வெளிவிடப்படுகின்ற இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் நேர்மின்வாயை ஒரு வினாடி நேரத்தில் சென்று அடைகின்ற முதல்நிலை எலெக்ட்ரான்களுக்கும் உள்ள தகவு எனக் கூறலாம். நேர்மின்வாயை ஒரு வினாடி நேரத்தில் சென்றடையும் முதல்நிலை எலெக்ட்ரான்களை n_P எனவும், நேர்மின்வாயிலிருந்து ஒரு வினாடியில் வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்களை n_S எனவும், இரண்டாம் நிலை வெளிவரு எண்ணை N எனவும் கொண்டால்,

$$N = \frac{n_S}{n_P}$$ ஆகும்.

இரண்டாம் நிலை வெளிவரு எண்ணின் மதிப்பைக் கணிக்க 6SK7 மின்குழாயின் அழுக்கு கிரிடு நேர்மின்வாயிலிருந்து வெளிவரும் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களைக் கவர்வதற்குப் பயன்படுகிறது. நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் சுமார் 100 வோல்ட்டுகள் அளவில் நிலையாக வைக்கப்படுகிறது. திரை கிரிடுக்கு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் சுமார் அரைப்பங்கு கொடுக்கப்படுகிறது. கிரிடு எதிர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகிறது. அழுக்கு கிரிடு - 40 வோல்ட்டுகளிலிருந்து 100 வோல்ட்டுகள்வரை அதாவது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் வரை கொடுக்கப்படுகிறது.

அழுக்கு கிரிடு மின்னழுத்தத்தை X அச்சிலும், நேர் மின்வாய் மின்னோட்டம், திரை கிரிடு மின்னோட்டம் ஆகியவற்றை Y

அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அது படம் 8.17-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் அமையும்.



படம் 8.17

அமுக்கு கிரிடு மின்னோட்ட வரைகோட்டின் நேர்கோட்டுப் பகுதிகள் AB, CD, EF ஆகியவை படத்தில் காட்டியதுபோல் குறிக்கப்படுகின்றன. KL என்பது அமுக்கு கிரிடுக்கான முதல் நிலை மின்னோட்டத்தையும் KP என்பது நேர்மின்வாய் சுற்றிலுள்ள மொத்த மின்னோட்டத்தையும் குறிக்கின்றன. ML என்பது இரண்டாம் நிலை வெளிவரு மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கிறது.

மின்னோட்டங்கள் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதத்தில் அமைவதால் இரண்டாம் நிலை வெளிவரு எண் N என்பது

$$N = \frac{ML}{LP}.$$

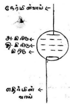
என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகிறது.

மின்வாயின் பரப்பை இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவராதவாறு, ஒரு குறிப்பிட்ட முறையில் தயாரித்தால், இரண்டாம் நிலை வெளிவரு எண்ணின் மதிப்பு பொதுவாக ஒன்றை

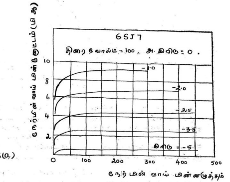
விடக் குறைவாக இருக்கும். அதாவது இந்த எண்ணின் மதிப்பு 0·2 விருந்து 0·1 வரை அமையும்.

பென்டோடு மின்குழாய் :

ஃபிலமெண்ட் அல்லது எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களை திரைகிரிடு கவர்ந்து நேர்மின்வாயை அடையச் செய்வதால், அவ்வாறு செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை அதிவேகத்தில் சென்று மோதுகின்றன. இதனல் நேர்மின் வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களைக் கிளப்புகின்றன. இப்படிக் கிளம்பும் எலெக்ட்ரான்கள் திரைகிரிடால் கவர்ந்திழுக்கப்பட்டு, வழக்கமான மின்னேட்டத்திற்கு எதிர்த்திசையில் ஒரு மின் னேட்டத்தை உருவாக்குகின்றன. எனவே, நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னேட்டம் குறைகிறது. அதன் காரணமாகப் பெருக்கற்



படம் 8·18(அ)



படம் 8·18(ஆ)

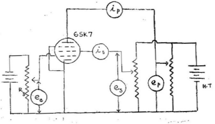
பலனும் குறைகிறது. இதைத் தவிர்ப்பதற்கு நேர்மின்வாய்க்கும் கிரிடுக்கும் இடையில் திரைகிரிடைப்போன்ற மற்றொரு மின்வாய் பொருத்தப்பட்டு எதிர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே, திரைகிரிடை நோக்கி வரும் எலெக்ட்ரான்கள் தடுக்கப் பட்டு நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லுமாறு இந்த மூன்றுவது

கிரிடு தொழிற்படும். இந்த மின்வாய்க்கு அடக்கு கிரிடு (suppresser) என்று பெயர். இத்தகைய மின்குழாய்க்குப் பென்டோடு (pentode) என்று பெயர். ஜாஸ்ட் (Jobst) டெலிகன் (Telegen) என்ற விஞ்ஞானிகள் இதை உருவாக்கினர். இந்தப் பென்டோடு மின்குழாயின் குறியீட்டு முறையும் இந்த மின் குழாயில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பும் படங்கள் 8·18 (a) 8·18 (b)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

பெரும்பாலும் பென்டோடு மின்குழாயின் எதிர்மின்வாய்க்குத் தரையின் மின்னழுத்தத்தையும், கிரிடுக்குச் சிறிது எதிர்மின்னழுத்தத்தையும், திரை கிரிடுக்குக் கணிசமான அளவு நேர்மின்னழுத்தத்தையும், அமுக்கு கிரிடுக்கு எதிர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தையும், நேர்மின் வாய்க்குத் திரைகிரிடுக்குக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதை விடச் சற்று அதிகமான நேர்மின்னழுத்தத்தையும் கொடுக்கிறோம்.

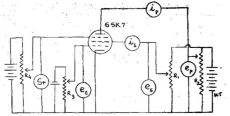
பென்டோடு மின்குழாயில் பெருக்கற் பலன் மிக அதிகமாகும். இது சில சமயங்களில் 1000 கூட இருக்கும். மேலும் நேர்மின் வாயின் மின்தடையும் அதிகமாகும்.

பென்டோடு மின்குழாயின் நிலைப் பண்பியல்புகள் (Static characterics of pentode) :

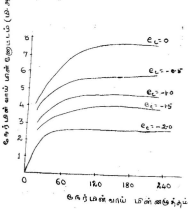


படம் 8.19(a)

பென்டோடு மின்குழாயின் நிலைப்பண்பியல்புகளை அறிவதற்கான மின்சுற்றுகள் படங்கள் 8.19 (a), 8.19 (b) ஆகியவற்றில் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.19(ஆ)

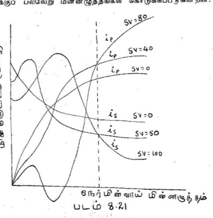


படம் 8.20

படம் 5.19(a)ல் அமுக்கு கிரிடு பல்வேறு நேர் மின்னழுத்தங்களைக் கொடுக்கப்படுகிறது. இதனுல் நேர் மின்வாய் மின்னேட்டம் திரை மின்னேட்டம் ஆகியவற்றின்மீது அமுக்கு கிரிடின்

விளைவை உணர்கிறோம். கிரிடுக்குச் சுழி வோல்ட் மின்னழுத்தத்தையும், திரைகிரிடுக்கு 100 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தையும் தொடக்கத்தில் கொண்டு, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தைச் சுழியிலிருந்து உச்ச அளவிற்குக் கொண்டு செல்லும்போது ஒவ்வொரு நிலையிலும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டமும் திரை மின்னோட்டமும் குறிக்கப்படுகின்றன. கிரிடுக்குப் பல்வேறு எதிர் மின்னழுத்தங்களைக் கொடுத்து இந்தச் சோதனையைத் திரும்பவும் செய்ய வேண்டும். நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தங்களை X அச்சிலும், நேர்மின்வாய் மின்னோட்டங்களை Y அச்சிலும் கொண்டு வெவ்வேறு கிரிடு எதிர் மின்னழுத்தங்களுக்கும் ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அல்லது படம் 8.20ல் காட்டியதுபோல் அமையும்.

அமுக்கு கிரிடு மின்னழுத்தத்தின் விளைவை உணர்வதற்கு அது ஒரு மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைக்கப்படுகிறது. அமுக்கு கிரிடுக்குப் பல்வேறு மின்னழுத்தங்கள் கொடுக்கப்படுகின்றன.



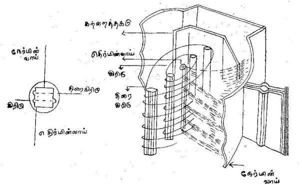
படம் 8.21

இப்பொழுது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டங்களும், திரை கிரிடு மின்னோட்டங்களும் அளக்கப்படுகின்றன. நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தங்களை X அச்சிலும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம், திரை

மின்னோட்டம் ஆகியவற்றை Y அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரை படம் வரைந்தால் அது படம் 8.21ல் காட்டியுள்ளதுபோல் அமையும்.

கற்றைத்திறன் மின்குழாய் (Beam power tube) :

கற்றைத்திறன் மின்குழாய் டெட்ரோடு மின்குழாயில் ஒரு தனி வகையாகும். இது பென்டோடு மின்குழாயின் பொதுவான குணங்களைப் பெற்றிருக்கும். எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்வாயி லிருந்து நேர்மின்வாயை நோக்கி அடர்த்தியான தகடுகள்போல்

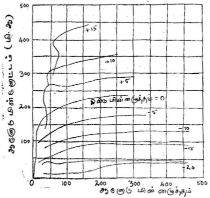


படம் 8.22

செல்லுமாறு இதன் அமைப்பு உள்ளது. கிரிடு, திரைகிரிடு ஆகியவற்றின் புரியை (pitch) ஒரே மாதிரி அமைப்பதாலும், கிரிடு கம்பிகளைச் சீர்படுத்துவதாலும் இந்த விளைவு பெறப்படுகிறது. இத் தகைய மின்குழாயின் மின்வாய்கள் அமைப்பு படம் 8.22ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

திரைகிரிடுக்கும் நேர்மின்வாய்க்கும் இடையில் எலெக்ட் ரான்களை மிக அதிக அளவில் குவித்து இந்த இடத்தில் ஓர் எதிர்

மின்னழுத்தம் உண்டாக்கப்படுகிறது. இந்த அடர்த்தியான எதிர் மின்னூட்டம் சாதாரண பென்டோடு மின்குழாயில் அடக்கு கிரிடு தொழிற்படுவதைப் போன்றே தொழிற்படுகிறது. நேர்மின்வாயிலிருந்து கிரிடை நோக்கிச் செல்லுகின்ற இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களை நீக்கும் அளவுக்குத் திரைகிரிடுக்கும் நேர்மின்வாய்க்கும் இடையிலுள்ள மின்னழுத்தம் குறைக்கப்படுகிறது.



படம் 8·23

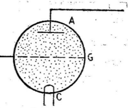
ஒரு கற்றைத் திறன் மின்குழாயின் நேர்மின்வாய்ப் பண்புகள் படம் 8·23ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இந்த வளைகோடுகளிலிருந்து இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவருவது நின்று விடுவது புலனாகின்றது. மேலும் மிகக் குறைந்த நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தங்களில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்துடன் துரிதமாக அதிகரிக்கின்றது. மிகக் குறைந்த திரைகிரிடு மின்னோட்டமே இதற்குக் காரணம். கற்றைத்திறன் மின்குழாய்கள் மிக அதிக ஆற்றலுள்ளவை. ஆகவே, அவை மிக அதிகமாக அடுக்கங்களில் பயன்படுகின்றன.

தைரட்ரான் மின்குழாய் (The thyratron valve) :

தைரட்ரான் மின்குழாய் ஒரு டிரயோடைப்போலவே நேர் மின்வாய், எதிர்மின்வாய், கிரிடு ஆகிய மூன்றை உடையது. இவை காற்றுப்புகாத கண்ணடி அல்லது உலோகக் குழாய்க்குள் ஒன்றுக்கொன்று சம இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. குழாய்க்குள் பாதரச ஆவி மிகக் குறைந்த அழுத்தத்தில் நிரப்பப் பட்டுள்ளது. எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாயை நோக்கி எலெக்ட்ரான்கள் பாதரச ஆவியினூடே செல்லுகின்றன. இந்த மின்குழாயில் பாதரச ஆவி உள்ளதால் இதன் பண்புகள் டிரயோடு மின்குழாயின் பண்புகளிலிருந்து சில விதங்களில் மாறு பட்டிருக்கும். இந்த மின்குழாய்க்கு வாயு நிறைந்த டிரயோடு (gas filed triode) என்ற பெயரும் உண்டு.

தொடக்கத்தில் கிரிடுக்கு அதிகமான எதிர்மின்னழுத்தம் கொடுத்தால் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டம் இராது.



படம் 8·24

தைரட்ரான் மின்குழாய்

இப்பொழுது கிரிடின் எதிர்மின்னழுத்தத்தைச் சிறிது சிறி தாகக் குறைத்துக்கொண்டேவந்தால் பாதரச ஆவியில்லாத மின்குழாயில் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டம் எங்குத் தொடங்குமோ அந்த அளவு வந்ததும் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டம் சுழியிலிருந்து உச்ச அளவுக்குத் திடீரென்று தாவுகிறது. இவ்வாறு நேர் மின்வாய் மின்னேட்டம் ஆரம்பித்தபிறகு கிரிடுக்கு அதன்மேல் ஒரு கட்டுப்பாடுமில்லை. வெட்டு மின்னழுத்தத்திற்கு அதிகமான

எதிர் மின்னழுத்தம் கொடுத்தாலும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் ஒரு மாறுதலும் ஏற்படுவதில்லை. மின்னோட்டத்தை நிறுத்த நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை மின் குழாயிலுள்ள ஆவியின் அயனித்தல் மின்னழுத்தத்திற்குக் கீழே குறைக்கவேண்டியுள்ளது,

நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் தொடங்கியவுடனே எதிர்மின் வாயிலிருந்து செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் பாதரச ஆவி அணுக்களுடன் மோதி ஏராளமான அயனிகளைத் (ions) தோற்றுவிக்கின்றன. இந்த அயனிகள் எதிர்மின்னூட்டம் உடைய கிரிடை நோக்கிச் செல்லுகையில் அவையும் கிரிடுடன் மோதி மேலும் அதிக அளவில் அயனிகளை உண்டுபண்ணுகின்றன. இவ்வாறு அயனிகளின் ஓட்டம் திடீரென்று பெருகிவிடுகிறது. நேர்மின் அயனிகள் கிரிடைச் சூழ்ந்து அதன் மின்னூட்டத்தைச் சுழியாக்கிவிடுவதால் கிரிடு மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் திறனற்றுவிடுகிறது.

தைரட்ரான் மின்குழாய்கள் ராடாரில் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. குறிப்பாக ராடாரில் பயன்படும் தைரட்ரான் மின்குழாய்கள் பாதரச ஆவிக்குப் பதிலாக ஹைட்ரஜனால் நிரப்பப்படுகின்றன. ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் நிறை குறைவாக இருப்பதாலும், அவை அதிக வேகத்தில் செல்லக்கூடியனவாக இருப்பதாலும் ஹைட்ரஜன் நிரப்பப்பட்ட தைரட்ரான் மின் குழாய்களை உபயோகிக்கும்போது அதிக அளவில் மாறுகின்ற மின்னோட்டத்தைப் பெற முடிகின்றது.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் 2·5 மி.ஆ./வோல்ட், நேர்மின்வாய் மின்தடை 20,000 ஓம்களாகும். நிலைப்பெருக்கம் 30 ஆக இருக்க நேர்மின்வாயில் இணைக்கவேண்டிய மின்தடையின் மதிப்பைக் கண்டுபிடி.

$$\text{பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் } Gm = \frac{\mu}{Ra} = 2{\cdot}5 \times 10^{-3}$$

$$\text{அதாவது } \frac{\mu}{Ra} = 2{\cdot}5 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \mu = 2{\cdot}5 \times 10^{-3} \times 20{,}000$$

$$= 50.$$

ONNEMARA PUBLIC LIB

நிலைப்பெருக்கம் $30 = \frac{\mu R}{20000+R}$

$$= \frac{50\ R}{20000+R}$$

$$\therefore\ 60{,}0000 + 30R = 50R$$

$$R = 30{,}000 \text{ ஓம்கள்.}$$

2. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயில், நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் 150 வோல்ட்டுகளாகவும், கிரிடு மின்னழுத்தம் —2 வோல்ட்டு களாகவும் இருக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் 5 மில்லி ஆம்பியர்களாக உள்ளது. கிரிடு மின்னழுத்தத்தை −3·5 வோல்ட்டுகளுக்கு மாற்றினல் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் 3·2 மில்லி ஆம்பியராகக் குறைகின்றது. நேர்மின்வாய் மின்னழுத் தத்தை 195 வோல்ட்டுகளுக்கு உயர்த்துவதன்மூலம் இதைத் திரும்பவும் 5 மில்லி ஆம்பியருக்குக் கொண்டுவரலாம், பரிமாற்றுக் கடத்து திறன், நேர்மின்வாயின் மின்தடை, பெருக்கற் பலன் ஆகியவற்றைக் காண்க.

(a) பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன்

$$Gm = \frac{SIa}{SV_1}$$

$$= \frac{5-3\cdot2}{3\cdot5-2} \times 10^{-3}$$

$$= \frac{1\cdot8}{1\cdot5} \times 10^{-3}$$

$$= 1\cdot2 \times 10^{-3} \text{ ஆம்பியர்/வோல்ட்}$$

$$= 1\cdot2 \text{ மி. ஆ./வோல்ட்.}$$

(b) ஆனோடு மின்தடை

$$= Ra = \frac{S\ Va}{SIa}$$

$$= \frac{195-150}{(5-3\cdot2)\times10^{-3}}$$

$$= \frac{45}{1\cdot8\times10^{-3}} \text{ ஓம்கள்.}$$

$= 25 \times 10^3$ ஓம்கள்.

$= 25000$ ஓம்கள்.

(c) பெருக்கற்பலன் $\mu = \frac{S.Va}{SV_1}$

$= \frac{195-150}{3\cdot5-2}$

$= \frac{45}{1\cdot5}$

$= 30.$

வினுக்கள்

1. வெப்ப அயனி விளைவு என்றால் என்ன? அதன் உபயோகங்களை விவரி.

2. எடிசன் விளைவு என்றால் என்ன? வெப்ப அயனி விளைவு பற்றி ரிச்சர்டுசனின் சோதனையை விவரி.

3. ஒரு டயோடு மின்குழாயையும் அது தொழிற்படு முறையையும் விவரி. அது எப்படி ஒரு திருத்தியாகப் பயன்படுகிறது என்பதைச் சுட்டிக்காட்டுக.

4. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் அமைப்பையும் அது தொழிற்படும் முறையையும் விளக்குக.

5. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் நிலையியல் பண்புகளைக் காண்பதற்கான சோதனையை விவரி. அந்தச் சோதனையி லிருந்து (a) பெருக்கற் பலன், (b) நேர்மின்வாய் மின் தடை, (c) மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் ஆகியவற்றை எவ்வாறு காண்பாய்?

6. ஒரு டிரயோடின் இயக்கநிலைப் பண்புகள் என்பவை யாவை? நேர்மின்வாய்க்கும், உயர் மின்னழுத்தத்தின் நேர்முனைக்கும் இடையே ஒரு மின்தடையை இணைப்ப தால் ஏற்படும் விளைவுகளை விவரி.

7. ஒரு தைரட்ரான் மின்குழாயை விவரித்து, அதன் கிரிடு எப்படி நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப் படுத்துகிறது என்பதை விவரி.

8. ஒரு டிரயோடு உ 'மோ' பரிமாற்றுக் கடத்து திறனும் நேர்மின்வாய் மின் தடை 20,000 ஓம்களையும் உடைய தாயிருக்கிறது. நிலை இலாபம் (stage gain) 20 ஆவதற்கு நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் இணைக்கவேண்டிய மின் தடையைக் கணக்கிடு. (விடை 10,000 ஓம்கள்)

9. ஒரு டிரயோடு மின்குழாய் கீழ்க்கண்ட குணங்களைப் பெற்றுள்ளது.

$$\mu = 30.$$

நேர்மின்வாய் மின்தடை = 10,000 ஓம்கள்

நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் தடை = 40,000 ஓம்கள்

கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழியாகவும், நேர்மின்வாய்மின்னோட்டம் உ மி. ஆ. இருக்கும்போது, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் = 200 வோல்ட்டுகள். நிலை இலாபத்தையும் உயர் மின்னழுத்தத்தையும் கணக்கிடு.

9. வால்வுப் பெருக்கி, அலைவியற்றி, திருத்தி

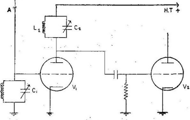
(Valve - amplifier, Oscillator, Rectifier)

பரப்பும் ஏரியலிலிருந்து (transmitting aerial) அனுப்பப்படும் மின்காந்த அலைகள் நீண்டதூரம் செல்லவேண்டுமானால் அவற்றின் ஆற்றல் அதிகமாயிருக்கவேண்டும்; இவ் வலைகளை உருவாக்கும் மாறு திசை மின்னோட்டத்தின் வீச்சை (amplitude) அதிகரிப்பதன்மூலம், அலைகளின் ஆற்றலை அதிகமாக்கலாம் என்பதை நாம் அறிவோம். அதைப்போலவே, பொருள்களால் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியல் (receiving aerial) வந்துமோதும் மின்காந்த அலைகள் ஆற்றலில் குறைந்தவையாக இருப்பதால், அவற்றால் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் வலிமையும் குறைந்ததாக இருக்கும். இந்த மின்னோட்டத்தை எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாய்க்கு அனுப்புவதற்கு முன்பு அதன் வீச்சைப் பெருக்கவேண்டும். இவ்வாறு வீச்சை அதிகமாக்கும் கருவிகளுக்குப் பெருக்கிகள் (amplifiers) என்று பெயர்.

பெருக்கப்படவேண்டிய அலைவெண்ணுக்கேற்பப் பெருக்கிகள் அமைப்பில் மாறுகின்றன. பெருக்கிகள் முக்கியமாக மூன்று வகைப்படும். (1) செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கிகள், (2) மிகத்திறன் பெருக்கிகள், (3) ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கிகள். இவற்றுள் மூன்றாவது வகையான ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கிகளே ராடாரில் பயன்படுவதால் அவைகளைப்பற்றிமட்டுமே இங்குச் சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கிகள் பரப்பியில் அலைவியற்றியை அடுத்தும் ஏற்பியில் ஏரியலை அடுத்தும் இருக்கும் இவ்விதப் பெருக்கிகளில் செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கிகளைப் போலல்லாமல் ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்கமே பெருக்கப்படுகிறது. ஆகவே,

செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கிகளில் நேர்மின்வாயுடன் ஒரு மின்தடையை இணைப்பதைப் போலல்லாமல், இவற்றில் மின்



படம் 9·1

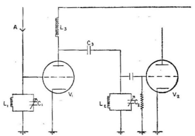
நேர்மின்வாய் இசைவு இணைப்புப் பெருக்கி

தேக்கி-மின்நிலைமம் ஆகியவற்றையுடைய ஓர் அமைப்பை இணைக்கிறோம். இத்தகைய அமைப்பைப் படம் 9.1ல் காணலாம்.

படத்தில் A என்பது ஏரியல். L_1C_1, L_2C_3 என்பன இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றுகள். ஏரியலில் பலவகைப்பட்ட மின் அலைகள் தூண்டப்படுகின்றன. நமக்கு வேண்டிய அலைவு அடுக்கத்திற்கு L_1C_1ஐ இசைவிக்கவேண்டும். அப்போது அது அந்த அடுக்கத்திற்குமாத்திரம் அதிக மின்தடையைக்கொடுக்கும். எனவே, அந்த அடுக்கு அலைவு மின்னோட்டம் மட்டும் V_1 மின்குழாயின் கிரிடுக்குச் செல்லும். இந்த கிரிடு தேவையான ரேடியோ அடுக்க மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படும். நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலும் இந்த அடுக்க அளவிலேயே மின்னழுத்த மாறுதல்கள் ஏற்படும். குறைந்த வலிமையில் மின்குழாய்க்குள் புகும் மற்ற அடுக்க அலைவுகளும், ஓரளவு வலிமையடைந்து நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னழுத்த மாறுதல்களை உண்டாக்கும். இவைகளினின்றும் நாம் விரும்பும் அல்லது நமக்குத் தேவைப்படுகின்ற அடுக்க அலைவுகளைமாத்திரம் பெறுதல்வேண்டி நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுடன் L_3C_2 என்ற மற்றோர் இசைவுச் சுற்று இணைக்கப்படுகின்றது. இதைத் தகுந்தபடி இசைவித்து நமக்கு வேண்டிய அடுக்கத்தைப் பெறலாம். அப்போது அந்த அடுக்க அலைவு

களுக்குமட்டும் அதிக மின்தடையைக் கொடுத்து, அதே அடுக்க அலைவுகளில் அதிக மின்னழுத்த மாறுதல்களை உண்டாக்கும். இத்தகைய மாறுதல்களை L_2C_2 இசைவுச் சுற்றிற்கும் நேர்மின்வாய்க்கும் நடுவிலிருந்து எடுத்து அடுத்த மின் குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுத்து மேலும் பெருக்கலாம்.

மேலே கூறப்பட்ட இணைப்பை வேறு முறைகளிலும் செய்யலாம். L_2C_2 இசைவுச் சுற்றைப் படம் 9.1ல் காட்டியுள்ளதுபோல் V_1 என்ற மின்குழாயின் நேர்மின்வாயுடன் இணைத்தால் அதற்கு நேர்மின்வாய் இசைவு இணைப்புப்பெருக்கி (tuned anode amplifier) என்று பெயர். அவ்வாறின்றி



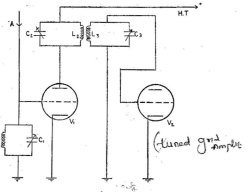
படம் 9·2

கிரிடு இசைவு இணைப்புப் பெருக்கி

இரண்டாவது இசைவுச் சுற்றை அடுத்த மின்குழாயின் கிரிடுடன் இணைக்கும் மின்தேக்கிக்கு முன்பாகவும் இணைக்கலாம். இதற்கு கிரிடு இசைவு இணைப்புப் பெருக்கி (tuned grid amplifier) என்று பெயர். இதன் அமைப்பு படம் 9.2ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்தச் சுற்றில் L_1C_1, L_2C_2 என்ற இரு இசைவுச் சுருள்களுடன்கூட L_3 என்ற மின்நிலைமமும், C_3 என்ற மின்தேக்கியும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. C_3 என்ற மின்தேக்கி, L_3 என்ற மின்நிலைமம்வழியே வருகின்ற ஒரு திசை மின்னோட்டத்தை L_2C_2க்கு வராதபடி தடுத்துவிடுகிறது.

நேர்மின்வாயுடன் ஒரு ரேடியோ அடுக்க மின்மாற்றியை இணைப்பதன்மூலம் மற்றொரு வகைப் பெருக்கியை உருவாக்கலாம். இதன் அமைப்பைப் படம் 9.3ல் காணலாம்.



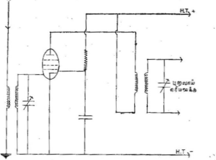
படம் 9-3

மின்மாற்றி இசைவு இணைப்புப் பெருக்கி

$L_1 C_1$, $L_2 C_2$, $L_3 C_3$ ஆகிய மூன்றும் இசைவிக்கும் சுற்றுகளாகும். L_2, L_3 என்பவை மின்மாற்றியின் இரு சுருள்களாகும். இப்படிப்பட்ட சுற்றுகளைக்கொண்டு நமக்கு வேண்டிய அடுக்கு அலைவுகளைமட்டும் பெருக்கிக்கொள்ளமுடியும்.

டிரயோடு மின்குழாயில் கிரிடும் நேர்மின்வாயும் மிக அருகருகே இருப்பதால் அவை ஒரு மின்தேக்கியாகச் செயல்படுவதாகக் கொள்ளலாம் என்று சென்ற அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் ஒரு மின்நிலைமத்தை இணைத்து டிரயோடு மின்குழாயை ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கியாக உபயோகிக்கும்போது மேலே கூறப்பட்ட மின்தேக்கி வழியாக நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலிருந்து ஆற்றல் கிரிடுச் சுற்றுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. எனவே, மின்குழாய் அலைவியற்றியாகச் செயல்படுகிறது. இதன் காரணமாக டிரயோடு மின்குழாய்

ஒரு நிலையான ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கியாகவோ, அல்லது அதிக பயனுறுதிறனை உடையதாகவோ இருப்பதில்லை. இந்தக்



படம் 9.4
பென்டோடு பெருக்கி

குறைபாடு பென்டோடு மின்குழாயைப் பெருக்கியாக உபயோகிப்பதன்மூலம் நிவர்த்திக்கப்படுகிறது. பென்டோடுப் பெருக்கியின் அமைப்பு, படம் 9.4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

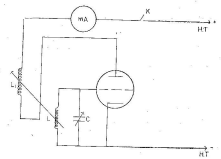
பென்டோடு ரேடியோ அடுக்கப்பெருக்கியாக உபயோகிப்பதற்கு மிகவும் சிறந்தது. சிறிய அளவில் மாறுபடும் மின்னழுத்தங்கள் முதல் மின்குழாயின் கிரிடுக்குள் செலுத்தப்படுகின்றன. நேர்வாய்ச் சுற்றிலுள்ள வெளிவரு அளவு மின்னழுத்தம் (புற அளவு மின்னழுத்தம்) ஒரு மின்னேற்றியின் முதன்மைச் சுருளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. துணைச் சுருளில் மின்னழுத்தம் இசைவு மின்தேக்கியை உபயோகித்து உச்ச நிலைக்குக் கொண்டு வரப்படுகிறது. இந்தப் புற அளவு மின்னழுத்தம் ஏரியலுக்கு அளிக்கப்படுகிறது.

அலையியற்றி (Oscillator):

டிரயோடு மின்குழாயைப் பெருக்கியாக உபயோகிக்கும் முறையை விவரித்தபோது, நேர்மின் வாய்ச் சுற்றிலிருந்து மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பகுதியை கிரிடு சுற்றுக்குப் பின்னூட்டினால்

(feed back) மின்குழாயில் அலைவுகள் ஏற்படும் என்று கூறினோம். மின்குழாய் பெருக்கியாகப் பயன்படும்போது இது தேவையற்ற விளைவு என்றாலும், மின்குழாயைக்கொண்டு உயர் அதிர்வெண் அலைவுகளை உண்டுபண்ண இவ் விளைவைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். [இவ் வகை உயர்அதிர்வு எண் அலைவுகள் ராடார் தொழிற்படுதலுக்கு அவசியமாகத் தேவைப்படுகின்றன.

படம் 9.5 ல் டிரயோடு மின்குழாயை அலைவியற்றியாகப் பயன்படுத்துவதற்கான மின்சுற்று காட்டப்பட்டுள்ளது. இது எதிர்வினை அலைவியற்றி எனப்படும். இதில் அலைவுச் சுற்று, தொட்டிச் சுற்று (tank circuit) எனவும் கூறப்படும்.



படம் 9-5

எதிர்வினை அலைவியற்றி

L என்பது ஒரு மின்சுருள். C என்பது ஒரு மாறியல் மின்தேக்கி (varible condenser). L என்னும் சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ள அதே கட்டையின்மீது L_1 என்னும் வேறொரு சுருள் 'L'ன் திசையிலேயே சுற்றப்பட்டு நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு எதிர்வினைச் சுருள் (reaction coil) என்று பெயர். இவ் விரு சுருள்களும் அருகருகே இருப்பதால் நேர் மின்வாய்ச் சுற்றில் கிடைக்கும் மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பாகம் கிரிடுச் சுற்றுக்குப் பின்னூட்டப்படுகிறது.

K என்னும் முனைச்சாவியைப் போட்டவுடன் மின்குழாயில் மின்னோட்டம் பாய்கின்றது. மின் சுருள்—மின்தேக்கிச் சுற்றில் அதன் இயல்பான அடுக்கத்தில் சிறு சிறு அலைவுகள் உண்டாகின்றன. இந்த அடுக்கத்தில் சிறு அளவுடைய I_c என்ற மாறு மின்னோட்டம் பாய்கின்றது. R என்பது மின்சுற்றின் தடை எனில் விரயமாகும் $P = RI_c^2$ ஆகும். எனவே, சுற்றில் பின்னூட்டமில்லை என்றால் வெகு விரைவில் அலைவுகள் அழிந்துவிடும்.

ஆனால், L, L_1 என்ற சுருள்கள் மின்காந்த முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, அவைகளுக்கிடையே ஒரு பரிமாற்று மின்தூண்டல் நிகழ்கிறது. இந்தப் பரிமாற்று மின் தூண்டலை (mutual induction) M எனக் கொள்வோம். அலைவுகளின் கோண அடுக்கத்தை 'w' எனவும் நேர்மின்வாயில் அலைவு மின்னோட்டத்தை Ia எனவும் கொண்டால், 'L' என்ற மின்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம் $E = MwIa$ என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகிறது. இப்போது 'C' என்ற மின் தேக்கியின் மேல் தகடு நேர்க்குறியாக இருந்தால், L_1 என்ற மின்சுருள் கிரிடுச் சுற்றுக்கு ஆற்றலை அளிக்கின்றது. இவ்வாறு ஒரு வினாடியில் அளிக்கப்படும் ஆற்றலை $P_2 = MwIaIc$ என்ற சமன்பாட்டினால் பெறலாம்.

எனவே,

$$P_1 = RIc^2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$$E = MwIa \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

$$P_2 = MwIaIc \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

$$\text{ஆனால்,} \quad Ia = Gm \, . \, Eg \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

(4) வது சமன்பாட்டில் Gm என்பது மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன்; Eg என்பது மின்குழாயின் கிரிடில் உள்ள அலைவு மின்னழுத்தம் (oscillatory potential) ஆகும்.

$$\text{மேலும்,} \quad Eg = Ic \, . \, \frac{1}{cw}$$

$$\text{எனவே,} \quad P_2 = Mw.Ic.\,Gm.\,Eg$$

$$= MwIc.\,Gm.Ic.\frac{1}{cw}$$

$$= \frac{MGm}{c} \, . \, Ic^2$$

ஆகவே, மொத்த விரயமாகும் ஆற்றல் $= P_1 - P_2$

$$= RIc^2 \frac{MGm}{c} . Ic^2$$

$$= Ic^2 \left[R - \frac{MGm}{c} \right] \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

(1) $R > \frac{MGm}{C}$ ஆக இருந்தால் திறன் தொடர்ந்து செலவழிந்துகொண்டே இருக்கும். எனவே, அலைவுகள் விரைவில் நின்றுவிடும்.

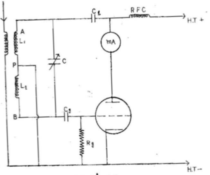
(2) $R = \frac{MGm}{C}$ ஆனுல் விரயமாகும் ஆற்றல், பின்னூட்டப் படும் ஆற்றலுக்குச் சமமாகும். அலைவுகள் வீச்சு மாருமல் நிலைத் திருக்கும்.

(3) $R < \frac{MGm}{C}$ ஆனுல், பின்னூட்டப்பெறும் ஆற்றல் விரயமாகும் ஆற்றலைவிட அதிகமாகும். எனவே, அலைவுகளின் வீச்சு அதிகரிக்கும்.

அலைவுகள் தொடர்ந்து நிலைத்திருக்க $\frac{MGm}{C}$ குறைந்தது மின் தடை R க்குச் சமமாகவாவது இருக்கவேண்டும். நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலிருந்து, கிரிடுச் சுற்றிற்கு ஆற்றலை எதிர்வினை முறையில் அளிப்பதற்கு 'மறுபடியும் உண்டாக்குதல்' (regeneration) என்று பெயர். இந்த முறையில் மொத்த விளைவானது அலைவுச் சுற்றில் ஓர் எதிர் மின் தடையை $\left(R = \frac{-MGm}{C} \right)$ கொடுப்பதற்கு ஒப்பாகும். இந்த எதிர்மின்தடை (negative resistance) அலைவுச் சுற்றின் மின்தடையைச் சமன்செய்து, சுற்றில் அலைவுகள் தொடர்ந்து நிகழுமாறு செய்யும். மேலும், அலைவுகளைத் தொடர்ந்து உண்டுபண்ணுவதற்கு, மின்னூட்டம் தேவையான அளவு இருப்பதுடன், அது உள்ளிடு அளவு மின்னழுத்தங் களுடன், சரியான கட்டத்திலுமிருக்கவேண்டும். இல்லையேல், மின்னூட்டம் அலைகளைப் பராமரிப்பதற்குப் பதிலாக அவற்றை அழித்துவிடும்.

ஹார்ட்லி அலைவியற்றி (Hartley oscillator) :

எதிர்வினை அலைவியற்றியில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்போது, L_1 என்ற சுருளில் தன்-மின்தூண்டலினால் (self inductance) தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம் உயர் மின்னழுத்தத்தை ($H.T.$) எதிர்க்கிறது. எனவே, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் குறைகிறது. ஆனால், அலைவுச் சுற்றுக்கு ஆற்றல் அளிக்கப்படுவதால், கிரிடு மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. இதே மாதிரி, L_1 சுருளில் மின்னோட்டம் குறையும்போது நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கிறது; கிரிடு மின்னழுத்தம்



படம் 8-6

ஹார்ட்லி அலைவியற்றி

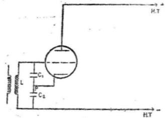
குறைகிறது. இவ்வாறு நேர்மின்வாய், கிரிடு ஆகியவற்றின் மின்னழுத்தங்கள் அலைவதோடல்லாமல், ஒன்று குறையும்போது மற்றதன் மின்னழுத்தம் கூடுகிறது. இவ்வாறு நேர்மின்வாய், கிரிடு இவற்றின் அலைவு மின்னழுத்தபேதங்கள் 180 டிகிரி கட்ட பேதத்தில் (phase difference of π) உள்ளன. இந்த நிலை தன்-அலைவுகளுக்கு (self - oscillations) மிகவும் தேவையான தொன்றாகும். அலைவுகள் தொடர்ந்து நிகழ்வதற்கும் கட்டபேதம் 180 டிகிரிக்கு மிகமிக அருகே இருத்தல் வேண்டும். இந்த நிலை ஹார்ட்லி அலைவியற்றியில் தெளிவாகப் பெறப்படுகிறது.

ஹார்ட்லி சுற்று படம் 9.6ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஹார்ட்லி சுற்றில் 'L' என்ற மின் நிலைமம் உள்ளது. அது 'L_1' 'L_2' என்ற இரு பகுதிகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. 'L'ன் முழுச்சுற்றுக்கும் இணையாக 'C' என்ற ஒரு மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ளது. L_1, L_2 நிலைமங்களின் இணைப்பில் மின் குழாயின் எதிர்மின்வாய் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. L_2ன் மறுமுனை கிரிடு கசிவு மின்தேக்கி (grid leak condenser) மூலமாக கிரிடுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. L_1 என்ற சுருளின் மறுமுனை ஒரு தடுப்பு மின்தேக்கி (blocking condenser), மில்லி அம்மீட்டர் ஆகியவைமூலமாக நேர்மின் வாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தடுப்பு மின்தேக்கி உயர் மின்னழுத்தத்தை L என்ற சுருவில் செயல்படுவதிலிருந்து தடுக்கிறது. Cg, Rg என்பன தேவையான கிரிடு அழுத்தத்தை அளிக்கின்றன. ரேடியோ அடுக்க சோக் (R. F. choke) நேர் மின்வாயின் ரேடியோ அடுக்கு மின்னோட்டம் உயர்மின்னழுத்த நிலையை அடைவதிலிருந்து தடுக்கிறது. மின்னழுத்தங்கள் எப்போதும் எதிர் மின்வாய்முனை P என்ற புள்ளியைப் பொறுத்தே அளக்கப்படுகின்றன. APக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த பேதம் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் எனப்படும். PBக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் கிரிடு மின்னழுத்தம் எனப்படும். Aயிலிருந்து Bக்குத் தொடர்ந்த மின்னழுத்த பேதம் இருப்பதால் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம், கிரிடு மின்னழுத்தம் ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையிலும் 180 டிகிரி கட்டபேதத்திலும் இருக்கின்றன. இவ்வாறு படம் 9.6ல் காட்டப்பட்ட மின்சுற்று அலைவுகள் தொடர்ந்து நிகழ்வதற்கான தேவையைப் பூர்த்தி செய்கின்றன.

கோல்பிட்ஸ் அலைவியற்றி (Colpitt's oscillator):

இதுவும் ஹார்ட்லி அலைவியற்றியைப்போலவே நேர் மின்வாய்க்கும், கிரிடுக்குமிடையே 180 டிகிரி கட்டபேதத்துடன் மின்னூட்டம் கொடுத்து அலைவுகளைத் தொடர்ந்து உண்டு பண்ணுகிறது. ஆனால், இதில் பின்னூட்டம் மின்தேக்கி புயத்திலிருந்து எடுக்கப்படுகிறது. மற்ற எல்லா விதங்களிலும் இது ஹார்ட்லி அலைவியற்றியை ஒத்திருக்கிறது. இந்த அலைவியற்றியின் அமைப்புப் படம் 9.7ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்த அலைவியற்றி சில சமயங்களில் செயல்படுவது திடீரென்று நின்றுவிடும். ஆகவே, இது ஹார்ட்லி அலைவியற்றியைப்போல் அவ்வளவு அதிமாகப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.



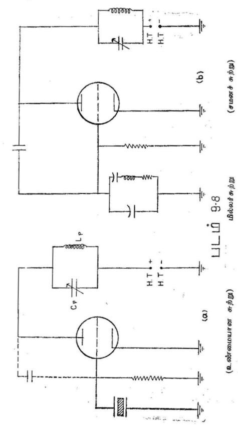
படம் 9-7

கோல்பிட்ஸ் அலைவியற்றி

படிக அலைவியற்றிகள் (Crystal oscillators) :

மேலே கூறப்பட்ட மின்குழாய் அலைவியற்றிகள் உற்பத்தி செய்யும் அலைவுகள் நீண்ட நேரத்திற்கு ஒரு நிரந்தரமான அடுக்கத்தைக் கொண்டிருக்கமாட்டா. ஏனெனில், அவற்றில் உற்பத்தி செய்யப்படும் அலைவுகளின் அடுக்கம் மின்சுற்றிலுள்ள மின்தேக்கி, மின்நிலைமம் ஆகியவற்றின் அமைப்பைப் பொறுத்திருக்கிறது. மின்குழாய் நீண்டநேரம் தொடர்ந்து வேலை செய்யும்போது இவற்றின் மதிப்புகள் மாறுதலை அடைகின்றன. எனவே, அடுக்கமும் மாறுகின்றது. எனவே, ஒரே அடுக்கமுள்ள அலைவுகளை எப்போதும் உற்பத்தி செய்யப் படிக அலைவியற்றிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

குவார்ட்ஸ் (quartz) போன்ற படிகங்களுக்குச் சில தனிப்பட்ட பண்புகள் இயற்கையாக அமைந்துள்ளன. இப் படிகங்களின் இரு பக்கங்களை இறுக்க விசைக்கும் (compressional force), நீட்சி விசைக்கும் (extensional force) மாறிமாறி உட்படுத்தினால் படிகத்தின் இரு பக்கங்களுக்குமிடையில் இருதிசை மின்னழுத்தம் ஒன்று உருவாகும். மாறாக, இரு பக்கங்களுக்குமிடையில் மாறுதிசை மின்னழுத்த மொன்றைச் செயல்படுத்தினால் படிகத்தின் இரு பக்கங்களும் மாறிமாறி அமுங்கவும் விரியவும் செய்யும். இதனை அழுத்த மின்விளைவு (piezo-electric effect) என்று கூறுவர். இத்தகைய பண்பினையுடைய படிகங்கள் மின் அலைகளை ஊக்குவிக்கும். அவை படிக அலைவியற்றிகள் என



படம் 9·8

அழைக்கப்படுகின்றன. படிக அலையியற்றிகளில் மூன்று வகை உண்டு. அவை

1. மில்லர் சுற்று (Miller circuit)
2. பியர்ஸ் சுற்று (Pierce circuit)
3. சமனச் சுற்று (Birdge stablised oscillator circuit)

படம் 9.8ல் உள்ளது மில்லர் அமைப்பு. (a) உண்மையான அமைப்பையும் (b) மின்சார சமன்பாட்டு அமைப்பையும் உணர்த்துகின்றன.

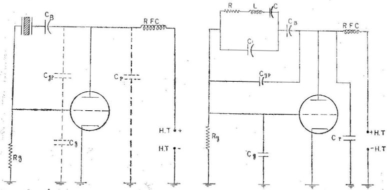
மின்சார சமன்பாட்டு அமைப்பை நோக்கினால் இது ஓர் இசைவிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் - இசைவிக்கப்பட்ட கிரிடு அலையியற்றியை ஒத்திருப்பதைக் காணலாம். படிகத்தின் விம்மல்களின் அடுக்கத்தைவிடச் சிறிது அதிகமான அடுக்கத் திற்கு L_p C_p ஐ இசைவித்தால் சுற்றுனது அலைவுகளை உண்டு பண்ணும். இத்தகைய அமைப்பில் படிகம் பல அடுக்கங்களைப் பெற வாய்ப்புகள் உண்டு. எனவே, L_p C_p ஐ இசைவித்து நமக்குத் தேவையான அடுக்கங்களை உற்பத்தி செய்து கொள்ளலாம்.

படம் 9.9ல் பியர்ஸின் சுற்று காட்டப்பட்டுள்ளது. (a) உண்மைச் சுற்றையும், (b) சமனச் சுற்றையும் காட்டு கின்றன.

RFC என்பது ரேடியோ அடுக்க மின்நிலைமம். இந்தச் சுற்றில், சுற்று உறுப்புகளில் எந்தவித மாற்றமும் செய்யாமலேயே வெவ்வேறு ஒத்திசைவு அடுக்கங்களை (resonant frequency) யுடைய படிகங்களைக் கொண்டு வெவ்வேறு அடுக்கங்களை யுடைய அலைவுகளை உற்பத்தி செய்யலாம். ஆனால், படிகத்திற்கு வலிமை மிக்க அடுக்கம் ஏதாவது இருக்குமானால் அதையே இந்த அமைப்பு உற்பத்தி செய்யும். ஆகையால் நமக்குத் தேவையான அடுக்கத்தைச் சில நேரங்கள் உற்பத்திசெய்ய முடியாமற்போகும்.

மூன்றுவது வகைச் சுற்று சமநிலைப்படுத்தப்பட்ட சமனச் சுற்று ஆகும். இதன் அமைப்புப் படம் 9.10ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

சுற்றில் R_1, R_3 என்பன மின்தடைகளாகும். R_2 என்பது ஒரு மின் விளக்கின் ஃபிலமெண்ட்; R_4 என்பது சமன்பாட்டுச் சுற்று



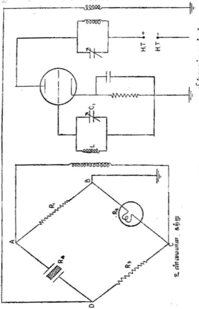
உண்மைச் சுற்று

மின்சாரச் சமனச் சுற்று

படம் 9·9

பியர்ஸின் சுற்று

அமைப்பின்படி படிகத்தின் தடையாகும். R_1, R_2, R_3, R_4 என்பன $A\ B\ C\ D$ என்ற ஒரு மின்தடைச் சமனச்சுற்றின் நான்கு புயங்களாகும். AC இசைவிக்கப்பட்ட பெருக்கியின் உள்ளீடு



படம் 9·10 சமநிலைப்படுத்தப்பட்ட சமனச்சுற்று

(input) அளவாகும். மின்விளக்கு எரியாமலிருக்கும்போது, அதன் மின்தடை $\frac{R_1 R_3}{R_4}$ க்குச் சற்றுக் குறைவாக இருக்கும். இதற்குத் தகுந்தாற்போல் R_1, R_3, R_4 இவற்றின் மதிப்புகள்

அமைந்திருக்கின்றன. அலைவுகள் இல்லாதபோது சுற்று சம நிலையில் இராது. ஆகவே, மின்குழாயின் உள்ளிடு முனைகளும் வெளிவரு முனைகளும் இணைகின்றன. அலைவுகளின் வலிமை அதிகமாகும்போது மின்விளக்கின் ஃபிலமெண்ட் சூடாக்கப்படு கிறது. எனவே, அதன் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது. ஆகையால் சுற்று சமநிலையை யடைய முயல்கிறது. இந்த நிலைக்குப்பிறகு உற்பத்தியாகும் அலைவுகளின் அடுக்கம் படிகத்தின் பண்புகளை மட்டுமே பொறுத்திருக்கும். மின்குழாயின் பண்புகளும் சுற்றில் உள்ள மற்ற உறுப்புகளில் ஏற்படும் மாறுதல்களும் அலைவு அடுக்கத்தைப் பாதிக்கமாட்டா.

திருத்தி (Rectifier) :

மின்குழாய்கள் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை ஒருதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றக்கூடியவை என்பது நாமறிந்த தொன்றாகும். இந்தப் பண்பு ராடாரில் பல்வேறு பகுதிகளுக்கு ஒரு திசை மின்னோட்டத்தையும், ஒரு திசை மின்திறனையும் அளிப்பதற்குப் பயன்படுகிறது. ஒரு திசை மின்னோட்டத்தைவிட மாறுதிசை மின்னோட்டம் பலவிதங்களில் சிறந்ததால், தற் காலத்தில் எல்லா இடங்களிலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமே பயன்படுத்தப்பட்டுவருகிறது. ஆனால், ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி போன்ற சாதனங்களில் சில குறிப்பிட்ட செயல்களுக்கு ஒருதிசை மின்னோட்டமே தேவைப்படுகிறது. எனவே, மாறுதிசை மின்னோட்டம் ஒருதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றப்படுகிறது. இதைச் செய்கின்ற எந்த ஒரு சாதனமும் திருத்தி (rectifier) என வழங்கப்படுகிறது. இத்தகைய சாதனங்கள் எதிர்மின்வாயைச் சூடாக்குவதற்கும், நேர்மின் வாய்க்கு உயர் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதற்கும், கிரிடுக்குக் குறைந்த மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன.

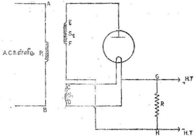
(1) அரை அலைதிருத்தி (The half - wave rectifier) :

(a) டயோடு திருத்தி :

இது திருத்திகளிலேயே மிகச் சுலபமான அமைப்பைக் கொண்டது. இது படம் 9.11 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

P_1 என்பது ஒரு திறன் மின்மாற்றியின் (power transformer) முதன்மைச் சுருள்; S_1, S_2 என்பன துணைச் சுருள்கள் ஆகும். S_1 குறைந்த எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகளையும், S_2 அதிக அளவு எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகளையும் கொண்டவை. மாறுதிசை மின்னோட்ட இயற்றி (generator) முதன்மைச் சுருளின் முனைகளி

டையே இணைக்கப்படுகிறது. S_1ன் முனைகள் எதிர் மின்வாயு டனும், S_2ன் ஒருமுனை நேர்மின்வாயுடனும் மறுமுனை R என்ற மின்தடையுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன. எதிர்மின்வாய் R ன் மறுமுனையோடு சேர்க்கப்படுகிறது.



படம் 9-11

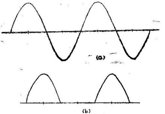
டயோடு திருத்தி

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அடுக்கம் ஒரு வினாடிக்கு 50 சுற்றுகளானல் A, B என்ற முனைகள் மாறிமாறி ஒரு வினாடிக்கு 50 தடவைகள் நேர்க்குறியாகவும், எதிர்க்குறியாகவும் செயல்படு கின்றன.

இரண்டு துணைச் சுருள்களிலும் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப் படுகிறது. துணைச் சுருள்களின் CD, EF என்ற முனைகள் ஒரு வினாடிக்கு 50 தடவை நேர்க்குறியாகவும், எதிர்க்குறியாகவும் மாறுகின்றன. A நேர்க்குறியாக இருக்கும்போது C யும் E யும் நேர்க்குறியாகின்றன. CD யின் குறுக்கேயுள்ள சிறிய மின் னழுத்தம் மின்குழாயின் ஃபிலமெண்டைச் சூடாக்குவதற்குப் பயன்படுகிறது. E நேர்க்குறியாதலால் நேர்மின்வாய் நேர்க்குறி யாகிறது. எனவே, எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லுகின்றன. மின்குழாய்க்குள் நேர்மின்வாயிலிருந்து எதிர் மின்வாயை நோக்கியும், மின்குழாய்க்கு வெளியே எதிர்மின்வாயி லிருந்தும் ஒரு மின்னோட்டம் நிகழுகிறது. $\frac{1}{100}$ வினாடிகளுக்குப் பிறகு A எதிர்க்குறியாகவும், B நேர்க்குறியாகவும் மாறுகின்றன.

இதனால் நேர்மின்வாய் எதிர்மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகிறது. எனவே, எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்வதில்லை. ஆகவே, மின்னோட்டம் தடைப்படுகிறது. இது ஒவ்வொரு சுற்றிலும் திரும்பத் திரும்ப நிகழுகிறது. அதனால் ஒவ்வோர் அரைச் சுற்றிலும் நேர்மின்வாய் நேர்க்குறியாக இருக்கும்பொழுது R என்ற மின்தடையின் G என்ற முனை நேர்க்குறியாகவும் H என்ற முனை எதிர்க்குறியாகவும் மாறி GHல் ஒரு மின்னழுத்த பேதம் ஏற்படுகிறது. அடுத்த அரைச் சுற்றில் இந்த மின்னழுத்த பேதம் மறைந்துவிடுகிறது. அதாவது G நேர்க்குறியாக இருக்கும்போதுமட்டுமே G என்ற மின்தடையில் மின்னோட்டம் நிகழுகிறது. R ல் மின்னோட்டம் ஒரே திசையில், ஆனால், விட்டு விட்டு நிகழுகின்றது. அதாவது மாறுதிசை மின்னோட்டம் ஒரு திசை மின்னோட்டமாக மாற்றப்படுகிறது.

நேரத்தை x-அச்சிலும், மின்னழுத்தத்தை y-அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அது படம் 9.12 (b)ல்



படம் 9·12

மாறுதிசை, ஒரு திசை அலைவடிவங்கள்

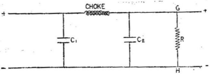
காட்டியதுபோல் இருக்கும். 9.12 (a) மாற்றப்படாத, உள்ளீடுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை காட்டுகிறது.

படம் 9.12 (a)ல் உள்ள வளையின் கீழ்ப்பாகங்கள் திருத்தப்பட்ட வளையில் படம் 9.12 (b)ல் முழுமையாக நீக்கப்பட்டுள்ளன. மின்குழாய் ஓர் அரைச் சுற்றில்மட்டிலும் கடத்துகின்ற பண்பைப் பெற்றிருப்பதால் இது அரை அலைதிருத்தி எனப்படும்.

(b) சமப்படுத்தும் சுற்று (Smoothing circuit) :

R என்ற மின்தடையின் இரு முனைகளுக்கிடையே கிடைக்கும் மின்னழுத்த பேதத்தை ஒரு சமப்படுத்தும் சுற்றைக் கொண்டு ஒரு நிலைப் படுத்தலாம். இத்தகைய சுற்றின் படம் 9.13-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படத்தில் C_1, C_2 என்பன மின்தேக்கிகள். சுற்றில் ஒரு சோக்கும் (choke) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்குழாய் கடத்தும் பொழுது C_1 என்ற மின்தேக்கியின் தகட்டுகளுக்கிடையிலுள்ள மின்னழுத்தம் உள்ளீடு இருதிசை மின்னழுத்தத்தின் உச்ச



படம் 9-13

சமப்படுத்தும் சுற்று

மதிப்பை அடைகிறது. மின்குழாய் கடத்தாமல் இருக்கும்பொழுது R என்ற மின்தடைக்கு மின்னோட்டத்தை அளிக்கிறது. எனவே, C_1ன் மின்னழுத்த பேதம் குறைகிறது. இந்த நேரத்திற்குள் மின்

படம் 9-14

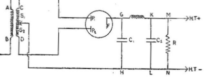
திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம்

குழாய் மறுபடியும் கடத்தப்படுகிறது. எனவே, C_1 ன் மின்னழுத்த பேதம் அதிகரிக்கிறது. ஒவ்வொரு சுற்றிலும் இந்த முறை திரும்பத் திரும்பப் பெறப்படுவதால் R-ல் மின்னோட்டம் படம் 9.14-ல் காட்டியபடி குறையவும் கூடவும் செய்கிறது.

சோக் அதன் வழியே செல்லுகின்ற மின்னோட்டத்தில் ஏற்படுகின்ற மாறுதலைத் தவிர்க்கின்றது. C_2 என்ற மின்தேக்கி R-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த பேதத்தை ஒரே நிலையில் வைத்திருக்கிறது.

(2) முழு அலை திருத்தி (Full wave rectifier) :

இரு நேர்மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்ட ஒரு டயோடு மின் குழாயைக் கொண்டு ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த அலையின் இரு பாதைகளையும் திருத்தலாம். இம் மின்குழாய்க்கு 'இரட்டை டயோடு' (double diode) என்று பெயர். இத்தகைய மின்சுற்றுக்கு முழு அலைதிருத்தி என்று பெயர். இந்தச் சுற்றின் அமைப்புப் படம் 9.15-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9·15

முழு அலைதிருத்தி

படத்தில் மின்மாற்றியின் துணைச் சுருளின் மத்தியில் E என்ற ஒரு முனை உள்ளது. E துணைச் சுருளை S_1, S_2 என்ற இரு சம பாகங்களாகப் பிரிக்கிறது. இந்த இரு பாகங்களும் எல்லா விதத்திலும் ஒத்தவை. துணைச் சுருளின் இரு முனைகளை P_1, P_2 என்ற இரு நேர்மின்வாய்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மத்தியப் புள்ளி (centre tap) எதிர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னழுத்தம் முதன்மைச் சுருளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. ஓர் அரைச் சுற்றில் P_1 நேர்க்குறியாகவும், P_2 எதிர்க்குறியாகவும்

படம் 9·16

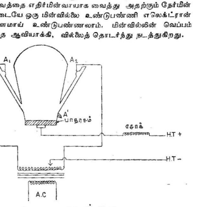
திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம்

இருக்கின்றன மற்ற அரைச் சுற்றில் P_1 எதிர்க்குறியாகவும் P_2 நேர்க்குறியாகவும் மாறுகின்றன. துணைச் சுருளின் மின்னழுத்தம் தொடர்ச்சியாக இருப்பதால் மத்தியப் புள்ளி E யும்,

அது இணைக்கப்பட்டுள்ள எதிர்மின்வாயும் P_1, P_3 என்ற நேர்மின் வாய்களைப் பொறுத்து எப்பொழுதும் எதிர்க்குறியாகவே திகழ் கின்றன. ஆகையால் மின்குழாய் தொடர்ச்சியாக மின்னோட் டத்தைக் கடத்துகிறது. MN என்ற முனைகளுக்கிடையே கிடைக்கும் வெளிவரு மின்னழுத்தம் திருத்தப்பட்ட வொன்ருகும். மின்னழுந்தம் இடைவெளியின்றித் தொடர்ச்சியாக இருந்த போதிலும் அளவில் ஒரே மாதிரி இருப்பதில்லை. திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம் படம் 9·16-ல் காட்டியதுபோல் இருக்கும். எனவே, அரை அலைதிருத்தியில் கூறப்பட்டதைப்போலச் சமப்படுத்தும் சுற்றுகள் தேவை. இப்படிச் சமப்படுத்தப்பட்ட பிறகும்கூட மின் னழுத்த வளைவுக் கோடுகள் குற்றலைகள் (ripples) வடிவத்திலேயே இருக்கும். ஆனல், அவை இடையூருக இருக்க மாட்டா.

(3) பாதரச மின்வில் திருத்தி (Mercury arc rectifier)

வெகு அதிகமான மின்னோட்டங்கள் தேவைப்படும்போது பாதரச திரவத்தை எதிர்மின்வாயாக வைத்து அதற்கும் நேர்மின் வாய்க்குமிடையே ஒரு மின்வில்லை உண்டுபண்ணி எலெக்ட்ரான் களை ஏராளமாய் உண்டுபண்ணலாம். மின்வில்லின் வெப்பம் பாதரசத்தை ஆவியாக்கி, வில்லைத் தொடர்ந்து நடத்துகிறது.



படம் 9-17

பாதரச மின்வில் திருத்தி

பாதரச ஆவி குளிர்ந்து மறுபடியும் பாதரசமாகி, பாத்திரத் தின் திரவத்தைப் புதுப்பித்துக் கொண்டுள்ளது. பல்பினுள்

ஆவியமுக்கம் குறைவாயிருக்க வேண்டுமாதலால், ஆவி உண்டாகையில் அதை விரைவில் குளிரப் பண்ண வேண்டும். இதற்கு நீரையோ, விசிறிகளையோ கொண்டு பல்பைக் குளிர வைக்கின்றனர்.

9.17 ஆம் படத்தில் ஒரு கண்ணாடி பல்பாலான பாதரச மின்வில் திருத்தி காட்டப்பட்டுள்ளது. வில்லைத் துவக்க, பல்பை வலப்புறமாகச் சாய்த்து மறுபடியும் நேராக்கவேண்டும். முதலில் மின்வில் பாதரசத்திற்கும் துணை மின்வாய் A' க்கு மிடையே உண்டாகிறது. பிறகு முதன்மை நேர்மின்வாய்கள் A_1, A_2 களுக்கிடையே மாறுதிசை மின்னழுத்தம் பிரயோகிக்கப்படுவதால் மின்னோட்டம் பாதரச எதிர் மின்வாயிலிருந்து எந்த மின்வாய் (A) நேர்மின்னழுத்தமா யிருக்கிறதோ அதற்குப் பாய்கிறது. ஆகவே, இது ஓர் இரட்டை டயோடு முழு அலை திருத்திக்குச் சமமானது. பெரிய கண்ணாடி பல்பு பாதரச ஆவியைக் குளிர வைப்பதற்குப் பெரிதும் உதவி செய்கிறது. இதன் பக்கப் புயங்களில் முதன்மை நேர்மின்வாய்கள் இரண்டும் தூரமாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. இல்லையெனில், ஒன்று நேர் மின்னேற்றமும் மற்றது எதிர்மின்னேற்றமுமா யிருக்கையில் அவை இரண்டிற்கு மிடையே மின்வில் உண்டாகிவிடலாம்.

இவ்வித சாதனத்தைக் குளிர்விப்பது கடினமாகையாலும் அதிக பருமனால் கண்ணாடி உடைந்துவிட ஏதுவாகுமாகையாலும், இத் திருத்தியின் உச்சத் திறன் சுமார் 250,000 வாட்டுகளாகும். இதைவிட அதிக திறன் தேவைப்பட்டால், பாதரசத்தை வைப்பதற்கு எஃகுத் தொட்டிகளைப் பயன்படுத்துகிறர்கள். இவை மிக உறுதியாயிருப்பதுடன் தண்ணீரால் இவற்றை மிகத் திறமையாய்க் குளிர்விக்கலாம். இவ்விதத் திருத்திகளைக் கொண்டு 20,000 வோல்டு மின்னழுத்தங்களில் ஒரு கோடி வாட் திறனைப் பெறலாம்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் பெருக்கற்பலன் எண் 100 A.C. மின்தடை 70,000 ஓம்கள். அதன் பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் யாது? மின்னழுத்தப் பெருக்கற்பலன் (V.A.F.) 75 ஆக இருக்க வேண்டுமானால், அதன் நேர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட வேண்டிய தடை யாது?

$$Ra = 70,000$$

$$\mu = 100$$

$$Gm = \frac{\mu}{Ra} = \frac{100}{70,000} = 1\cdot 43 \times 10^{-3} \text{ மோ.}$$

$$V.A.F. = \frac{\mu RL}{Ra+R}$$

அதாவது $75 = \frac{100 \times RL}{70,000+RL}$

$$75RL + 75 \times 70,000 = 100RL$$

$$25RL = 75 \times 70,000$$

$RL = 210,000$ ஓம்கள்.

2. ஒரு மின்தடை-மின்தேக்கி இணைப்புப் பெருக்கியில், நேர்மின்வாயுடன் இணைப்படும் மின்தடை 12,000 ஓம்களாக இருக்கும்போது மின்னழுத்தப் பெருக்கம் 6 ஆகவும், மின்தடை 32,000 ஓம்களாக இருக்கும்போது, பெருக்கம் 8 ஆகவும் உள்ளது. மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்துதிறனைக் கணக்கிடு.

$R_{L_1} = 12000$, $R_{L_2} = 32000$ என்க.

$$6 = \frac{\mu \,.\, 12000}{Ra + 12000}$$

$$12000\,\mu = 6Ra + 72000.$$

$$48000\,\mu = 24Ra + 288000 \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$8 = \frac{\mu \,.\, 32000}{Ra + 32000}$$

$$32000\,\mu = 8Ra + 256000$$

$$96000\,\mu = 24Ra = 768000 \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

(2) லிருந்து (1) ஐக் கழிக்க,

$$48000\,\mu = 480000$$

$$\mu = 10$$

மேலும் $12000 \times 10 = 6Ra + 72000$

$$6\,Ra = 48000$$

$Ra = 8000$ ஓம்கள்.

$$Gm = \frac{\mu}{Ra} = \frac{10}{8000}.$$

$$= 1 \cdot 25 \text{ மில்லி-மோ.}$$

3. ஓர் எதிர்வினை அலைவியற்றியின் தொட்டிச் சுற்றில் மின்நிலைமம் 2 மில்லி ஹென்றிகளாகவும், மின்தேக்கு திறன் $0 \cdot 0005\ \mu F$ களாகவும், பயனுறு மின்தடை 50 ஓம்களாகவும் உள்ளன. அந்த டிரயோடு மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் 0·003 மில்லி மோக்கள் ஆகும். எதிர்வினைச் சுருளின் மின்நிலைமம் 1 மில்லி ஹென்றியானல் அலைவைத் தோற்றுவிப்ப தற்குத் தேவையான இணைப்பெண்ணைக் காண்க.

$$C = 0 \cdot 0005\ \mu F$$

$$R = 50$$

$$Gm = 0 \cdot 003 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-6}$$

அலைவைத் தோற்றுவிப்பதற்கு

$$R = \frac{M.Gm}{c} \text{ என்றிருக்கவேண்டும்.}$$

$$\therefore \quad M = \frac{Rc}{Gm} = \frac{50 \times \cdot 0005 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{25}{3} \times 10^{-3}$$

$$L_1 = 10^{-3}$$

$$L_2 = 2 \times 10^{-3}$$

$$M = R \sqrt{L_1 L_2}$$

$$\therefore \quad R = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

$$= \frac{25 \times 10^{-3}}{3 \sqrt{10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}}$$

$$= \frac{25}{3 \sqrt{2}} = 5 \cdot 95.$$

வினக்கள்

1. செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கிகளில் வால்வு இணைப்புகள் என்பவை யாவை? மின் தடை–மின்தேக்கி இணைப்பை விவரித்து அதன் பயனை விளக்குக.

2. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயை எப்படி ஒரு பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம் என்பதைப் படத்துடன் விவரி.

3. பெருக்கியாகப் பயன்படும்போது ஒரு டிரயோடு, டெட்ரோடு, பென்டோடு ஆகியவற்றின் பண்புகளை ஒப்பிடுக.

4. ஒரு டிரயோடு எப்படி அலையியற்றியாகத் தொழிற்படு கின்றது என்பதை விவரி.

5. ஹார்ட்லி அலையியற்றி, கோல்பிட் அலையியற்றி ஆகிய வற்றைப் படத்துடன் விளக்குக.

6. அரை அலைதிருத்தி, முழு அலை திருத்தி ஆகியவற்றை விளக்குக. ஒரு முழு அலைதிருத்தி எப்படித் தொழிற்படு கின்றதென்பதைப் படத்துடன் விளக்குக.

7. சிறுகுறிப்பு வரைக:
   (a) ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கிகள்.
   (b) பின்னூட்டம்.
   (c) அழுத்த மின்விளைவு.
   (d) முழு அலை திருத்தி.
   (e) பாதரச வில்திருத்தி.

10. அலைப்பண்பேற்றமும் பகுத்தலும்

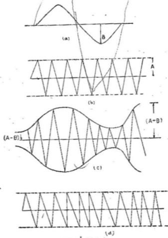
(Modulation and Detection) Demodulation

அலைப்பண்பேற்றம் (Modulation) :

ஒரு பரப்புதலில் (ரேடியோக்களில்) ஒலி அலைகள் மின்காந்த அலைகளாக மாற்றப்பட்டு வெகு தூரத்திற்கு அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பியில் (receiver) அந்த மின்காந்த அலைகள் மறுபடியும் ஒலி அலைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. ஒலி அலைகளின் அடுக்கம் மிகக் குறைவானதால் அவற்றின் அலைநீளம் அதிகம். எனவே, இத்தகைய அலைகளை வெகு தூரத்திற்கு அனுப்பும்பொழுது அவற்றின் ஆற்றலின் பெரும்பகுதி விரயமாகிறது. இதைத் தடுப்பதற்குக் குறைந்த அடுக்கங்களையுடைய அலைகள் அதிக அடுக்கங்களையுடைய ரேடியோ அலைகளுடன் தக்கமுறையில் சேர்க்கப்படுகின்றன. இதற்கு அலைப்பண்பேற்றம் என்றும், இவ்வாறு சேர்க்கும் கருவிக்குப் பண்பேற்றி என்றும் பெயர். ரேடியோ அடுக்க அலைகள் அதிக அடுக்கங்களை உடையனவாதலால் அவற்றின் அலைநீளம் மிகக் குறைவு. இந்தக் குறுகிய அலைகள் (short waves) வானவெளிவழியே பரவும்போது ஆற்றல் விரயப் படுவதில்லை. இவ்வாறு குறைந்த அடுக்க அலைகளையும், மிக அதிக அடுக்க அலைகளையும் கலந்து அவற்றை வானவெளி வழியே அனுப்பும்பொழுது அவை ஏற்பியைச் சென்றடை கின்றன. இந்தக் காரணங்களினால் ரேடியோ அடுக்க மின்னோட்டத்தை ஊர்தி மின்னோட்டம் (carrier current) என்று அழைக் கிறோம். இதைச் சுருக்கமாக ஊர்தி (carrier) என்றும் கூறுவர். அலைப்பண்பேற்றுதலுக்குப் பிறகு கிடைக்கும் மின்னோட்டத்தைப் பண்பேற்றப்பட்ட மின்னோட்டம் எனவும், அலைகளைப் பண் பேற்றப்பட்ட அலைகள் என்றும் கூறுவர். பண்பேற்றங்களில் மூன்று வகை உண்டு.

1. வீச்சுப் பண்பேற்றம் (amplitude modulation)
2. கட்டப் பண்பேற்றம் (phase modulation)
3. அடுக்கப் பண்பேற்றம் (frequency modulation)

படம் 10.1, (a), (b), (c), (d) ஆகியவை குறைந்த அடுக்க அலை, அதிக அடுக்க அலை, வீச்சுப் பண்பேற்ற அலைகள், அடுக்கப் பண்பேற்ற அலைகள் ஆகியவற்றைக் காண்பிக்கின்றன. ஏனெனில் வீச்சுப் பண்பேற்றமும் அடுக்கப் பண்பேற்றமுமே மிக முக்கியமானவையாகும்.



படம் 10·1

(a) குறைந்த அடுக்க அலை
(b) அதிக அடுக்க அலை
(c) வீச்சுப் பண்பேற்ற அலை
(d) அடுக்கப் பண்பேற்ற அலை

வீச்சுப் பண்பேற்றம் :

ரேடியோ அடுக்க அலைவுகள் ஒரே அளவு வீச்சுடன் உண்டாக்கப்படுகின்றன. குறைந்த அடுக்கு அலைவுகளின் அல்லது செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் வீச்சு தொடர்ந்து

மாறிக்கொண்டே இருக்கும். இதனுல் ரேடியோ அடுக்க அலைவு களின் வீச்சையும், செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் வீச்சுக் கேற்ப மாற்றுகின்றோம். இதையே வீச்சுப் பண்பேற்றம் என் கிறோம். இத்தகைய வீச்சு மாற்றப்பட்ட ரேடியோ அலைவுகளையே மின்காந்த அலைகளாக மாற்றி வானவெளியில் அனுப்புகிறோம்.

படம் 10.1ல் ஊர்தி அலையின் வீச்சு A என்றும், செவியுறு அடுக்க அலையின் வீச்சு B என்றும் கொண்டால் பண்பேற்றப் பட்ட அலையின் வீச்சு $A+B$, $A-B$ ஆகியவற்றுக்கிடையே மாறுகின்றது. செவியுறு அடுக்க அலையின் வீச்சுக்கும் ஊர்தி அலையின் வீச்சுக்குமுள்ள தகவு, அதாவது $\frac{B}{A}$ என்பது பண் பேற்ற ஆழம் (depth of modulation) எனப்படும். இதைச் சதவிகிதக் கணக்கிலும் கூறலாம். பண்பேற்றப்பட்ட அலையும், ஒரு ரேடியோ அடுக்க அலையாகும். அதன் வீச்சு செவியுறு அடுக்க அலையின் வீச்சுக்குத் தகுந்தாற்போல் மாறுகிறது. பண் பேற்றப்பட்ட அலையிலுள்ள ரேடியோ அடுக்கம், செவியுறு அடுக்கம் ஆகிய இரு பகுதிகள் வான வெளியில் எல்லாத் திசை களிலும் பரவுகின்றன. சைகை அலையில் (signal wave) கோண அடுக்கம் (angular frequency) w_s எனக் கொண்டால் பண்பேற்றப் பட்ட அலையின் வீச்சைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டிஞல் பெறலாம்.

$$A' = A + B \sin w_s \cdot \cdot t$$

t சுழியாக இருக்கும்போது $w_s t = 0$

ஆகவே $A' = A$ ஆகிறது.

$t = \frac{T}{4}$ ஆக இருக்கும்பொழுது,

$$w_s t = \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}$$

$$\sin w_s t = 1$$

எனவே, $A' = A + B$ ஆகிறது.

$t = \frac{T}{2}$ ஆக இருக்கும்பொழுது

$$w_s t = \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{2} = \pi$$

$$\sin w_s t = 0$$

எனவே, $A' = A$ ஆகிறது.

$$t = \frac{3}{4} T \text{ ஆக இருக்கும்பொழுது}$$

$$w_s t = \frac{2\pi}{T} \times \frac{3}{4} T = \frac{3}{2} \pi$$

$$\sin w_s t = -1$$

எனவே, $A' = A - B$ ஆகிறது.

இவ்வாறு பண்பேற்றப்பட்ட அலையின் வீச்சு $A+B$ க்கும், $A-B$ க்கும் இடையே மாறுகின்றது.

பண்பேற்றப்பட்ட மின்னோட்டம்

$$I = A' \sin w_c . t.$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகிறது. இங்கு w_c என்பது ஊர்தியின் கோண அடுக்கமாகும். ஆகையால்,

$$I = (A+B \sin w_s t) \sin w_c . t$$

$$= A \left(1 + \frac{B}{A} \sin w_s t\right) \sin w_c . t.$$

$$= A (1 + m \sin w_s t) \sin w_c t$$

இங்கு $m = \frac{B}{A}$, அதாவது பண்பேற்ற ஆழமாகும்.

மேலும் $I = (A+B \sin w_s t) \sin w_c t$

$$= A \sin w_c t + B \sin w_c t \sin W_s t$$

$$= A \sin w_c t + \frac{B}{2} [\cos (w_c - w_s) t - \cos (w_c + w_s) t]$$

எனவே, பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி மின்னோட்டத்தில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. இவற்றின் அடுக்கங்களும் வீச்சுகளும் வெவ்வேறானவை.

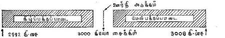
(1) பண்பேற்றப்படாத ஊர்தி. இதனுடைய அடுக்கம் $\frac{w_c}{2\pi}$, வீச்சு A ஆகும்.

(2) ஒரு ரேடியோ அடுக்க அலை. இதனுடைய அடுக்கம் $\frac{W_c - W_s}{2\pi}$, வீச்சு $\frac{B}{2}$ ஆகும்.

(3) மற்றொரு ரேடியோ அடுக்க அலை. இதனுடைய அடுக்கம் $\frac{W_c + W_s}{2\pi}$, வீச்சு $\frac{B}{2}$ ஆகும்.

ரேடியோ அடுக்கம் $\frac{W_c - W_s}{2\pi}$ என்பது கீழ்ப்பக்கப் பட்டை எனவும், ரேடியோ அடுக்கம் $\frac{W_c + W_s}{2\pi}$ மேல் பக்கப் பட்டை எனவும் அழைக்கப்படும்.

ஒலியை உருக்குலைவு எதுவுமின்றிப் பரப்ப வேண்டுமானால் விநாடிக்கு 50 முதல் 8000 சைக்கிள்வரையுள்ள அதிர்வெண்கள் தேவைப்படும். ஊர்தியின் அடுக்கம் 3,000,000 சைக்கிள்/விநாடி ஆனால் கீழ்ப்பக்கப் பட்டை (lower side band) 2,992,000 (3,000,000−8000) லிருந்து 2,999.950 (3,000 000 −50) வரை பரவியிருக்கும். மேல்பக்கப் பட்டை (upper side band) 3,000,050 லிருந்து (3,000,000+50) 3,008000 வரை (3,000,000+8000) பரவியிருக்கும். எனவே, பட்டை அகலம் (band width) 3,008,000 − 2,992,000 = 16,000 சைக்கிள்/விநாடி அதாவது 16 கிலோ சைக்கிள்/விநாடிகளாகும்.



படம் 10-2

கீழ்ப்பக்கப் பட்டையும், மேல்பக்கப் பட்டையும்

இரண்டு ஒலிபரப்பு நிலையங்களுக்கிடையே ஏற்படும் குறுக்கீடு வினைவுகளைத் தடுக்கவேண்டுமென்றால் ஒரு நிலையத்தின் கீழ்ப்பக்கப் பட்டையும் மற்றொரு நிலையத்தின் மேல்பக்கப் பட்டையும் மேற்பொருந்தக் (overlap) கூடாது. உதாரணமாக, ஒரு நிலையம் ஆயிரம் கிலோ சைக்கிள் ஊர்தி அடுக்கத்தில் ஒலி பரப்பினால், வேறு எந்த நிலையமும் அதே நேரத்தில் 984 கிலோ சைக்கிளுக்கு அதிகமாகவோ 1016 கிலோ சைக்கிளுக்குக் குறைவாகவோ ஒலிபரப்பக்கக் கூடாது. இது மிகவும் இலட்சியமான

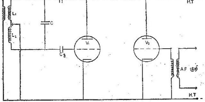
அமைப்பாகும். ஆனால், ஒரு நிலையத்தின் ஊர்தி அடுக்கத்திற்கும் மற்றொரு நிலையத்தின் ஊர்தி அடுக்கத்திற்குமுள்ள வித்தியாசம் அதிகமாயிருந்தால் ஒரே சமயத்தில் ஒலிபரப்பக்கூடிய நிலையங்களின் எண்ணிக்கை குறைந்துவிடும். ஆனால், விஞ்ஞான முன்னேற்றத்தின் காரணமாக உலகில் ரேடியோ நிலையங்களின் எண்ணிக்கை நாளுக்கு நாள் அதிகரித்து வருகிறது. எனவே, உலக நாடுகளின் ஒப்பந்தப்படி ஒவ்வொரு ரேடியோ நிலையத்திற்கும் பண்பேற்றி அடுக்கத்தின் எல்லை 50 முதல் 4500 சைக்கிள்/வினாடி வரையில்தான் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் ஊர்தி அடுக்கம் ஒரு மெகா சைக்கிளானால் (1,000,000) கீழ்ப் பக்கப் பட்டை 9,95,500 லிருந்து 9,99,950 வரைக்கும் மேல்பக்கப் பட்டை 10,00,050 லிருந்து 10,04,500 வரைக்கும் இருக்கும். எனவே, இரண்டு அடுத்தடுத்த ஒலி நிலையங்களுக்கு அடுக்கப் பிரிவு 9 கிலோ சைக்கிளாகும். எனவே, ரேடியோ நிலையங்களின் ஒவ்வொரு பட்டையும் 4500 சைக்கிள் அகலந்தான் இருக்கமுடியும். இதுவே ராடாரில் வேறு அளவில் கொடுக்கப்படுகிறது.

அலைப் பண்பேற்றத்தில் செலுத்தப்படும் திறன், வீச்சின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது. ஊர்தியின் திறன் A^2-க்கு நேர்விகிதத்திலும், ஒவ்வொரு பக்கப் பட்டையின் திறன் $\frac{B^2}{4}$-க்கு நேர்விகிதத்திலும் உள்ளது. மொத்தம் செலுத்தப்பட்ட திறன் $\left(A^2 + \frac{B^2}{2}\right)$ ஆகும்.

அலைப் பண்பேற்றத்தின் சதவிகிதம் 100 ஆனால், $\frac{B}{A} = 1$ அல்லது $B = A$. செலுத்தப்பட்ட திறன் $A^2 + \frac{A^2}{2}$ அல்லது $\frac{3A^2}{2}$ ஆகும். இங்கு ஊர்தியின் திறன் $\frac{2}{3}$ பங்காகும். மொத்தத் திறனில் $\frac{1}{3}$ பங்கு சைகையை அனுப்புவதற்கும் பயன்படுகிறது. இந்த $\frac{1}{3}$ பங்குத் திறனை இரண்டு பக்கப் பட்டைகளும் சமமாகக் கொடுக்கின்றன.

வீச்சுப் பண்பேற்றம் நேர்மின்வாய்மூலமாகவோ அல்லது கிரிடுமூலமாகவோ இருக்கலாம். நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றத்தில் பல்வேறு முறைகளிருந்தாலும் 1920-ல் ஹெய்சிங் (Heising)

என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட 'சோக்' அல்லது 'ஹெய்சிங் பண்பேற்றம்' பொதுவாக உபயோகத்திலிருந்து வருகிறது. இந்த முறையின் சுற்று, படம் 10.3-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 10-3

ஹெய்சிங் பண்பேற்றம்

மேலேயுள்ள சுற்றில் இரு பகுதிகள் உள்ளன.

(1) V_1 மின்குழாய் உள்ள ரேடியோ அடுக்க அலைவியற்றி.

(2) V_2 மின்குழாய் உள்ள பண்பேற்றி.

அலைவியற்றி உரிய அடுக்கத்திற்கு இசைவிக்கப்படுகிறது. ரேடியோ அடுக்கச் சோக் ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளைப் பண்பேற்றிக்குச் செல்வதிலிருந்து தடுக்கிறது. செவியுறு சைகை மின்னழுத்தம் (audio signal voltage) ஒலிபரப்பப்படவேண்டும். இதை V_2 மின்குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கிறோம். *AFC* என்ற சோக் இரு மின்குழாய்களுக்கும் பொதுவானது.

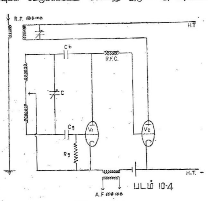
செவியுறு சைகை மின்னழுத்தம் பண்பேற்றி மின்குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே, அதன் மின்னோட்டம் வேறுபடுகின்றது. இந்த மின்னோட்டம் சோக் *AFC* யில் உகந்த மின்னழுத்தங்களை உண்டுபண்ணுகிறது. இந்த மின்னழுத்த பேதங்கள் V_1 மின்குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன. எனவே, V_1ன் மின்னழுத்தங்களும் *AFC* யின் மின்னழுத்தங்களைப்போலவே மாறுபடுகின்றன. ஆனால், V_1ன் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் ரேடியோ அடுக்கங்களில் மாறுகிறது. எனவே, அலைவியற்றி மின்குழாயின் ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளும் பண்பேற்றி மின்குழாயின் சைகை அலைவுகளும் ஒருங்கே V_1க்குக் கொடுக்கப்

படுகின்றன. இவை இரண்டின் தொகுபயன் ஏரியலுக்குச் செல்லுகிறது.

அடுக்கங்களை ஒரு நிலையில் கட்டுப்படுத்துவதற்கு அலை வியற்றி மின்குழாயில் ஒரு குவார்ட்ஸ் படிகத்தை (quartz crystal) இணைப்பார்கள். மேலும் V_1 மின்குழாய் உண்டாக்குகின்ற ரேடியோ அடுக்க அலைவுகள் முதலில் ஒரு பெருக்கியால் பெருக்கப் பட்டுப் பிறகே செவியுறு சைகைகளோடு சேர்க்கப்படுகின்றன. பிறகு அவை ஏரியலுக்கு அனுப்பப்பட்டு அங்கிருந்து மின்காந்த அலைகளாகப் பரவுகின்றன.

இனி, கிரிடுப் பண்பேற்றத்தைப்பற்றிப் பார்ப்போம். இதன் அமைப்பு, படம் 10·4 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்த முறையில் கொடுக்கப்பட்ட ரேடியோ அடுக்க அலைவுகள் பெருக்கப்பட்ட செவியுறு அடுக்க அலைவுகளோடு



படம் 10·4

கிரிடுப் பண்பேற்றம்

தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுப் பிறகு இவை பண் பேற்றும் மின்குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன. படம் 10·4-ல் காட்டப்பட்டுள்ள மின் சுற்றில் இரு பகுதிகளுள்ளன.

(1) V_1 மின்குழாயுள்ள ரேடியோ அடுக்க அலைவியற்றி,
(2) V_2 மின்குழாயுள்ள பண்பேற்றி.

செவியுறு சைகை கிரிடு மின்னழுத்தத்தோடு கூட்டியோ, குறைத்தோ செய்து அதைத் தன் பண்புக்கேற்றவாறு மாற்றுவிக்கிறது. இதனல் செவியுறு அடுக்கத்தில் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டமும் மாறுகின்றது. இப்படி மாறுகின்ற மின்னேட்டம் இசைவிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் மின் சுற்றின் வழியே சென்று ஏரியலைத் தாக்குகிறது. எனவே, ஏரியல் சைகையை மின்காந்த அலைகளாக அனுப்புகிறது.

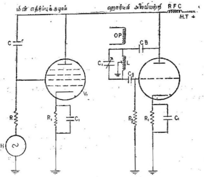
கிரிடு பண்பேற்றம் திறன்குறைந்த அலைவியற்றிகளில்தான் உபயோகிக்கப்படுகிறது. ஏனெனில் பண்பேற்றம் 30 சதவீதத்திற்கு அதிகமாகும்போது இது அதிக உருக்குலைவை உண்டாக்குகிறது. ஆனல், திறன் மிகக்குறைவாக இருக்கும்போது இந்த முறை மிக நன்ருகச் செயல்படுகிறது.

அடுக்கப் பண்பேற்றம் (Frequency modulation) :

இந்த முறை இப்போது பெரிதும் அதிக உபயோகத்திற்கு வருகிறது. இந்த வகையில் ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளின் உடனுறு அடுக்கம் (instantaneous frequency) கூடிக் குறையும். இதன் அலைவுகளைப் படம் 10·1 (d) காட்டுகிறது.

இந்தப் பண்பேற்று முறையில் செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் அடுக்கம் எத்தனையோ, அத்தனை தடவை ஒரு வினடியில் ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளின் உடனுறு அடுக்கம் மாற்றப்படுகிறது. அடுக்க மாற்றம் (frequency change) பண்பேற்றம் செய்யும் அலைவுகளின் வீச்சைப் பொறுத்துள்ளது. உதாரணமாக 1,000,000 அடுக்க ரேடியோ அலைவுகளை ஒரே வீச்சுள்ள ஆயிரம் அடுக்கங்கள் கொண்ட செவியுறு அடுக்க அலைவுகளால் பண்பேற்றம் செய்வதாகக் கருதுவோம். இதனல் ரேடியோ அலைகளின் உடனுறு அடுக்கம் 1,000,020 சுற்றுகளுக்கும் 9,99,980 சுற்றுகளுக்கும் ஆயிரம் முறை மாறும். ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளின் அடுக்க மாற்றமாக 20 சுற்றுகள் ஓர் உதாரணத்திற்காக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டதாகும். உண்மையில் இந்த அடுக்க மாற்றம் செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் வீச்சைப் பொறுத்தது. செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் வலிமையை இரண்டு பங்காக்கினல் உடனுறு அடுக்க மாற்றம் 20 சுற்றுகளிலிருந்து 40 சுற்றுகளாக மாறும். அதாவது ரேடியோ அலைவுகளின் அடுக்கம் 1,000,040 லிருந்து 999,960 சுற்றுகளுக்கு மாறும். செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் வலிமை 100 பங்கு மாறினல் ரேடியோ அலைவுகளின் உடனுறு அடுக்கம் 1,002,000 சுற்று

களுக்கும் 998,000 சுற்றுகளுக்குமாக மாறும். செவியுறு அடுக்க அலைவுகளின் அடுக்கம் 1000 சுற்றுகளாயிருந்தால் மேலே சொல்லப்பட்ட உடனுறு அடுக்க மாற்றம் ஒரு வினாடிக்கு 1000 முறை நிகழும்.



படம் 10-5
அடுக்கப் பண்பேற்றம்

அடுக்கப் பண்பேற்றம் செய்வதற்கான ஓர் எளிய மின்சுற்றைப் படம் 10.5 காட்டுகிறது.

படம் 10.5 ல் அலைவியற்றியின் அடுக்கம் பண்பேற்றம் செய்யும் அலைவு மின்னழுத்தத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இச் சுற்றில் ஹார்ட்லி அலைவியற்றியின் இசைவுச் சுற்றுக்கிணையாக இருக்கும்படி மற்றொரு மின்குழாயின் நேர்மின்வாய்ச் சுற்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் *M* லிருந்து கிடைக்கும் பண்பேற்றம் செய்யும் செவியுறு அடுக்க மின்னழுத்த அலைவுகளுக்குத் தகுந்தாற்போல் ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்படும். இந்த மின்னோட்டம் இசைவுச் சுற்றுக்கிணையாக ஒரு மின்தேக்கி எதிர்ப்பை இணைப்பதற்குச் சமமான பலனைக் கொடுக்கும். எனவே, இந்த மின்குழாய், மின்எதிர்ப்புக் குழாய் என அழைக்கப்படுகிறது. இதனால் இசைவுச் சுற்றின் அடுக்கம் மாறுகின்றது.

V_1 என்பது ஒரு பென்டோடு மின்குழாய். இது பெருக்கியாகத் தொழிற்படுகிறது. இதன் நேர் மின்வாய்க்கு ஒரு மாறு திசை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறோம். V_1ன் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்ட மாறுதல்கள், மின்னழுத்த மாறுதல்களை ஒரு $\frac{T}{4}$ அலைவு நேரம் முந்துகிறது. இதற்கு Rம் Cயும் பயன்படுகின்றன. இந் நிலையில் மின்குழாய் அதன் நேர் மின்வாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு ஒரு மின்எதிர்ப்பாக அமைகிறது. இந்த மின்னெதிர்ப்பானது மின்தேக்கி மின்னெதிர்ப்புக்குச் சமமாக அமைந்து இசைவுச் சுற்றின் மின்தேக்கிக்குப் பக்கவாட்டில் இணைக்கப்படும் பலனைக் கொடுக்கிறது. பண்பேற்றம் செய்யும் மின்னழுத்தம் ரேடியோ அலைவு மின்னழுத்தத்துடன் கலந்து V_1 என்ற மின்னெதிர்ப்புக் குழாயின் கிரிடைச் சேருகிறது. இதனுல் இந்தக் குழாயின் மின்கடத்தும் திறன் மாறுகிறது. ஆகவே, மின்குழாய் நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்குக் கொடுக்கும் மின்னெதிர்ப்பு இசைவுச்சுற்றின் மின்தேக்கிக்குப் பக்கவாட்டில் உருவாகும் மின்தேக்கி மின்னெதிர்ப்பை மாற்றுகிறது. இதனுல் அலைவியற்றியினுல் உற்பத்தி செய்யப்படும் ரேடியோ அலைவுகளின் உடனுறு அடுக்கம் மாறுபடுகிறது. பண்பேற்றம் செய்யும் மின்னழுத்தம் சீரான அளவிலிருந்தால் ரேடியோ அலைவுகளின் உடனுறு அடுக்கமாற்றமும் பண்பேற்றம் செய்யும் மின்னழுத்த வலிமையைப் பொறுத்திருக்கும்.

அடுக்கப் பண்பேற்றத்தைக் கையாளுவதால் இரு நிலையங்களின் நிகழ்ச்சிகள் கலந்து குழப்பமுண்டாவது குறைகிறது. மேலும் செவியுறு அடுக்க அலைவுகளை அதிக தூரத்துக்குச் செலுத்துவதோடல்லாமல் அவற்றை மிக நல்ல முறையிலும் மீட்டுருவாக்க முடிகின்றது. ஆயினும், இம் முறை மிக அதிக அடுக்க அலைவுகளைப் பரப்புவதிலேயே தற்போது அதிகமாக உபயோகிக்கப்பட்டு வருகின்றது.

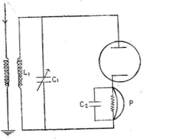
பகுத்தல் (Detection) அல்லது (Demodulation):

பண்பேற்றப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் ஏற்பிகளுக்குப் (receiver) போய்ச் சேருமுன் பல நூற்றுக்கணக்கான மைல்கள் பிரயாணம் செய்கின்றன, எனவே, அவற்றின் வீச்சு குறைந்திருக்கும். ஆதலால் அவற்றை மீண்டும் பெருக்கவேண்டும். பெருக்கிய பிறகு அவற்றிலிருந்து ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளையும் செவியுறு அடுக்க அலைவுகளையும் தனித்தனியே பிரிக்க

வேண்டும். இம் முறைக்குப் பகுத்தல் அல்லது அலைப்பண்பிறக்கம் என்று பெயர். இதைச் செய்யும் கருவியைப் பகுப்பான் (detector) என அழைக்கலாம். தற்போது 100க்கு 90 ரேடியோக்களில் கலக்கிப்பிரிக்கும் முறையே (superhetrodyning) உபயோகத்திலிருந்து வருகிறது. இதைப்பற்றிப் பிறிதொரு அத்தியாயத்தில் விரிவாகப் பார்ப்போம்.

பிரித்தல் முறையில் பண்பேற்றப்பட்ட ரேடியோ அடுக்க அலைகளைத் திருத்தும் முறையே கையாளப்பட்டு வருகிறது. பகுப்பான்களில் படிகப் பகுப்பான் (crystal detector), டயோடு பகுப்பான் (diode detector), டிரயோடு பகுப்பான் (triode detector) எனப் பலவகை யுண்டு. அவற்றுள் டயோடு பகுப்பானைப்பற்றியும் டிரயோடு பகுப்பானைப்பற்றியும்மட்டுமே சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

படம் 10.6ல் டயோடு பகுப்பானின் மின்சுற்று காட்டப்பட்டுள்ளது. C_1 என்ற மாறியல் மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே உண்டாகும் ஒத்தியைவு மின்னழுத்த பேதம் டயோடு



படம் 10-6

டயோடு பகுப்பான்

மின்குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. நேர்மின்வாய் நேர்க்குறியாய் இருக்கும்போதுமட்டுமே மின்குழாயின் வழியே ஒரு மின்னோட்டம் நிகழுகிறது.

திருத்தப்பட்ட துடிப்பில் (pulse) மூன்று பகுதிகளுள்ளன.

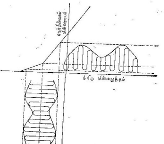
(1) செவியுறு அடுக்கத்தில் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம்

(2) ரேடியோ அடுக்கத்தில் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் (ஊர்தி)

(3) ஒருதிசை மின்னோட்டம்.

ரேடியோ அடுக்கப்பகுதி C_2 என்ற மின்தேக்கியின்வழியே மாற்று வழியில் (by pass) செலுத்தப்படுகிறது. மற்ற இரு பகுதிகளும் காது ஒலியத்திற்குக் (head phone) கொடுக்கப்பட்டு ஒலியாக மாற்றப்படுகின்றன.

படம் 10.7ல் ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் நேர்மின்வாய் வளைவைக் கொண்டு (anode bend) எவ்வாறு கீழ்ப்பகுதி அலைகள் நீக்கப்படுகின்றன என்பது காட்டப்பட்டுள்ளது. நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் ஒரு பாதி அலைகளின் வேறுபாடுகளையுடையது.



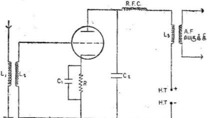
படம் 10-7

டிரயோடு பகுப்பான்

அதைப் பெருக்கி ஒலிப்பெருக்கிக்குக் கொடுத்துப் பேச்சை மீண்டும் கேட்கிறோம். மேலே சொல்லப்பட்ட கருத்து டிரயோடு பகுப்பானில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. நேர்மின்வாய் வளைவு பகுப்பானின் மின்சுற்று படம் 10.8 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

மின்குழாய் கிரிடுக்குக் ஏறக்குறைய வெட்டுநிலை மின்னழுத்தத்தைக் (cut-off voltage) கொடுக்கிறோம். அதாவது

சைகை மின்னழுத்த பேதம் சுழியாக இருக்கும்பொழுது நேர் மின்வாய் மின்னோட்டமும் சுழியாக இருக்கவேண்டும். பரப்பியினாலனுப்பப்பட்டுப் பண்பேற்றப்பட்ட சைகை ஏற்பியிலுள்ள ஏரியலால் பெறப்பட்டு அதனாலுண்டாகும் மின்னோட்டம் L_1 என்ற சுருள்வழியே ஓடுகிறது. அது L_2 என்ற சுருளில் ஒரு மின்னழுத்தத்தைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின்னழுத்தத்தை மின்குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கிறோம். இந்தக் கிரிடு முன்னமேயே நேர்மின்வாய் கீழ் வளைவுக்குச் சரியான மின்



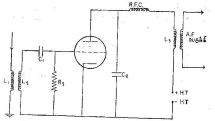
படம் 10-8

டிரயோடு பகுப்பான் சுற்று

னழுத்தத்தைக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. நேர்க்குறி அரைச் சுற்றுகள்மட்டும் பெருக்கப்படுகின்றன. எதிர்க்குறி அரைச் சுற்றுகள் நீக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு நேர்க்குறி அலையும் ரேடியோ அடுக்கத்தின் பகுதியாகும், இவ் வலைவுகளின் உச்சிகளைச் சேர்க்கும் வளைவு செவியுறு அடுக்கத்தை ஒத்திருக்கும். ரேடியோ அடுக்கப்பகுதி *H.T.* க்குச் செல்லாமல் ரேடியோ அடுக்கச் சோக்கினால் தடுக்கப்பட்டு C_2 என்ற மின்தேக்கியினால் மாற்றுவழியில் செலுத்தப்படுகிறது. செவியுறு அடுக்கப் பகுதி C_2 வழியே செல்லமுடியாததால் ரேடியோ அடுக்கச் சோக்கின் வழியே L_3 என்ற கம்பிச் சுருளுக்குச் செல்லுகிறது. பிறகு அது பெருக்கிக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இது டயோடு பகுப்பானைவிட நுண்ணுணர்வு உடையதாகும்.

படம் 10.9 கிரிடு கசிவுப் பகுப்பானைக் காண்பிக்கிறது. இது மிக மிக நுண்ணுணர்வு உடையதாகும். இதில் எதிர்மின்வாய், கிரிடு இரண்டும் சேர்த்து ஒரு டயோடாகச் செயற்படு

கின்றன. பரப்பியிலிருந்து வரும் பண்பேற்றப்பட்ட சைகை ஏற்பியில் பெறப்பட்டு மின்னோட்டமாக மாறி L_1 என்ற சுருள் வழியே ஓடுகிறது. அது L_2 என்ற சுருளில் ஒரு மின்னழுத்தத்தைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் C_1 என்ற மின்தேக்கி



படம் 10·9

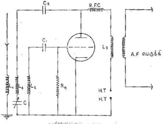
கிரிடு கசிவுப் பகுப்பான்

மூலம் மின்குழாயின் கிரிடுக்கும் எதிர்மின்வாய்க்கும் இடையே கொடுக்கப்படுகிறது. பண்பேற்றப்பட்ட சைகையிலுள்ள ரேடியோ அடுக்க, செவியுறு அடுக்கப் பகுதிகள் இரண்டுமே மின் குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன. மின்குழாய் செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கியாகச் செயற்பட்டுச் செவியுறு அடுக்கப் பகுதியைப் பெருக்கி நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுக் கனுப்புகிறது. ரேடியோ அடுக்கப் பகுதியும் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்கிறது. இவ்வாறு பெருக்கப்பட்ட செவியுறு அடுக்கப் பகுதியும், ரேடியோ அடுக்கப் பகுதியும் நேர்மின்வாய்ச் சுற்று வழியே செல்கின்றன. ரேடியோ அடுக்கப் பகுதி C_2 என்ற மின்தேக்கியின்வழியே மாற்று வழியில் செலுத்தப்படுகிறது. செவியுறு அடுக்கப் பகுதி L_3 என்ற சுருளுக்குச் சென்று பெருக்கப்பட்டு ஒலிப்பானுக்குச் செல்கிறது.

திருத்தப்பட்ட பகுப்பான் (Regenerative detector) :

கிரிடுக் கசிவுப் பகுப்பானில் (grid leak detector) நேர்மின் வாய்ச்சுற்றிலுள்ள ரேடியோ அடுக்கப் பகுதி C_2 என்ற மின்தேக்கி வழியே செலுத்தப்படுகிறது எனக் கண்டோம். இந்தப் பகுதி விரயமாகிறது. இதைத் திரும்பவும் பின்னூட்டமுறையில் டிரயோடிற்குக் கொடுத்து அதனுடைய நுண்ணுணர்வை மேலும்

அதிகரிக்கலாம். இத்தகைய மின்சுற்று படம் 10.10ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 10-10

திருத்தப்பட்ட பகுப்பான்

தேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலுள்ள ரேடியோ அடுக்கப் பகுதி L_3 என்ற கம்பிச்சுருளோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள L_4 என்ற கம்பிச் சுருளின் வழியே செலுத்தப்படுகிறது. இதனல் பின்னூட்டம் ஏற்படுகிறது. ரேடியோ அடுக்கப் பகுதி, ரேடியோ அடுக்கச் சோக்கில் செல்லாமல் தடுக்கப்படுவதால் பின்னூட்டம் நிகழுகிறது. பின்னூட்டம் C என்ற மாறியல் மின்தேக்கியால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இந்தப் பின்னூட்டம் L_3 என்ற சுருளுக்கு ஓர் எதிர்மின்தடையை ஊட்டிச் சுற்றின் Q மதிப்பையும் தேர்திறனையும் (selectivity) நுண்ணுணர்வையும் அதிகரிக்கிறது. இந்த முறையில் C என்ற மின்தேக்கியின் மதிப்பை மிகக் கவனமாகச் சரிசெய்யவேண்டும். ஏனெனில் அதன் மதிப்பு ஓர் அளவுக்கதிகமானுல் செவியுறு அடுக்கப் பகுதியுள்ள பக்கப் பட்டைகளை நீக்கிவிடும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு பண்பேற்றப்பட்ட அலையின் பெரும வீச்சும், சிறும வீச்சும் முறையே $15V$, $5V$ களாகும். பண்பேற்றத்தை நூற்றின் அடிப்படையில் கூறுக. ஊர்தி அலையின் திறன் 200 வாட்டுகளானல் பண்பேற்றத்திற்குரிய செவியுறு அடுக்கத்திறன் யாது?

$$A+B = 15$$

$$A-B = 5$$

$$2A = 20$$

$$A = 10 \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$$B = 5 \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$$\text{பண்பேற்ற ஆழம்} = \frac{B}{A}$$

$$= \frac{5}{10} = 0{\cdot}5$$

பண்பேற்ற சதவிகிதம் = 50

$$\text{பக்கப் பட்டைத் திறன்} = \frac{2B}{A} = \frac{1}{2}$$

$$\text{எனவே } \frac{B}{A} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{பக்கப் பட்டைத் திறன்} = \frac{1}{2} \text{ ஊர்தித் திறன்}$$

$$\frac{1}{4} \times 200 = 50.$$

∴ செவியுறு திறன் = 50 வாட்டுகள்.

2. பண்பேற்றத்திற்கு முன்பு ஏரியல் மின்னோட்டத்தின் $R.M.S.$ மதிப்பு 12·5 ஆம்பியர்களும், பண்பேற்றத்தின்போது 14 ஆம்பியர்களுமாகும். சிதைவு இல்லை என்று கொண்டு பண்பேற்றத்தை நூற்றின் அடிப்படையில் கூறுக.

பண்பேற்றத்திற்கு முன்பும் பின்பும் உள்ள மின்னோட்டத்தினைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடலாம்.

$$I = I_0 \sqrt{\left[1 + \frac{ma^2}{2}\right]}$$

$$14 = 12{\cdot}5 \sqrt{\left(1 + \frac{ma^2}{2}\right)}$$

$$\therefore \quad \frac{ma^2}{2} = \left(\frac{14}{12 \cdot 5}\right)^2 - 1 = \frac{159}{625}.$$

$$ma^2 = \frac{318}{625} = 0 \cdot 7132.$$

பண்பேற்ற சதவிகிதம் $= 0 \cdot 7132 \times 100$

$= 71 \cdot 32\%$

3. ஒரு பரப்பி பண்பேற்றம் செய்யப்படாத அலைவரிசையில் 4 *KW* மின் திறனையும், பண்பேற்றம் செய்யப்பட்ட அலை வரிசையில் 5·2 *KW* மின்திறனையும் வெளியே செலுத்துகின்றது. பண்பேற்ற சதவிகிதத்தைக் கணக்கிடு.

பண்பேற்றப்பட்ட அலைதிறனுக்கும், ஊர்தி அலைதிறனுக்கும் உள்ள தொடர்பு,

$$Pm = Pc\left[1 + \frac{ma^2}{2}\right]$$

$$5 \cdot 2 = 4\left[1 + \frac{ma^2}{2}\right]$$

$$ma^2 = \frac{5 \cdot 2}{4} - 1 = 0 \cdot 3$$

$$ma^2 = 0 \cdot 6$$

$$ma^2 = 0 \cdot 7746$$

பண்பேற்ற சதவிகிதம் $= 0 \cdot 7746 \times 100$

$= 77 \cdot 46\%.$

4. ஒரு மெகா சைக்கிள் அடுக்கமும் 100 வோல்ட்டுகள் வீச்சும் உள்ள ஒரு சைன் வடிவ மின்னழுத்த அலை, 5 கிலோ சைக்கிள் / விநாடி அடுக்கம் உள்ள மின்னழுத்த அலையால் பண்பேற்றம் செய்யப்படுகின்றது. பண்பேற்ற ஆழம் 100 சத விகிதமாகும். மேற்பக்கப் பட்டை, கீழ்ப்பக்கப் பட்டைகளின் அடுக்கத்தையும் வீச்சையும் காண்க.

மேல்பக்கப் பட்டையின் அடுக்கம்

$= w_c + w_m$

$= 1 \times 10^6 + 5 \times 10^3$

$= 1005$ கிலோசைக்கிள் / விநாடி.

கீழ்ப்பக்கப் பட்டையின்

$$\text{அடுக்கம்} = w_c - w_m$$

$$= 10^6 - 5 \times 10^3$$

$$= 995 \text{ கி. சுற்றுக்கள் / விநாடி}$$

$$\text{ஒவ்வொரு பக்கப் பட்டையின் வீச்சு} = \frac{ma}{2} A$$

$$= \frac{0{\cdot}5 \times 100}{2} = 25 \text{ வோல்ட்}$$

வினக்கள்

1. பண்பேற்றம் என்றால் என்ன ? பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி மின்னோட்டத்தில் மூன்று பிரிவுகள் உண்டென்று காட்டுக. அந்தப் பிரிவுகளின் அடுக்கத்தைக் கணக்கிடு.
2. ஹெய்சிங் பண்பேற்றத்தைப் படத்துடன் விளக்குக.
3. ஒரு டிரயோடு மின்குழாயை எப்படிப் பகுப்பானாகப் பயன்படுத்தலாம் என்பதை விவரி.
4. ஒரு கிரிடு கசிவுப் பகுப்பானைப் படத்துடன் விவரி.
5. சிறுகுறிப்பு வரைக :

   (a) பண்பேற்றம்.

   (b) பக்கப் பட்டைகள்.

   (c) பகுப்பான்கள்.

   (d) படிகப் பகுப்பான்.

   (e) டயோடு பகுப்பான்.

11. கலக்கிப் பிரித்தல், இடைநிலை அடுக்கப் பெருக்கி, ஏ.வி.ஸி.

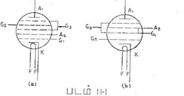
(Heterodyning, I. F. Amplifier and A.V.C.)

இந்தப் பகுதியில் ராடார், ரேடியோ ஆகியவற்றில் பயன்படுகின்ற வேறு ஒரு தத்துவத்தைப்பற்றிப் பார்ப்போம். அதுதான் கலக்கிப் பிரித்தல் (super heterodyne principle) ஆகும். இது 1917 ஆம் ஆண்டில் ஆம்ஸ்ட்ராங் (Armstrong) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இம் முறையில் பரப்பியிலிருந்து வரும் உயர் அடுக்க அலைகளை ஏற்பியிலிருக்கும் அலைவியற்றி உண்டு பண்ணும் அலைகளுடன் கலக்கிறோம். இதன் பயனாக இரு வேறு அடுக்கங்கள் கிடைக்கின்றன. ஒன்று அவற்றின் கூட்டுத் தொகையும் மற்றது அவற்றின் வித்தியாசமும் ஆகும். வானவெளியிலிருந்து வருகின்ற அலைகளின் அடுக்கம் f_1 எனவும், ஏற்பியிலுள்ள அலைவியற்றி உண்டுபண்ணும் அலைகளின் அடுக்கம் f_2 எனவும் கொண்டால் இந்த இருவேறு அடுக்கங்கள் $(f_1 + f_2)$, $(f_1 - f_2)$ ஆகும். இவை இரண்டில் முந்தையதை விலக்கிவிட்டு $(f_1 - f_2)$ ஐமட்டும் அலைப் பண்பிறக்கி, பெருக்கி ஆகியவற்றில் உபயோகிக்கிறோம். இதில் $(f_1 - f_2)$ செவியுணரா அதிர்வெண்ணாக இருப்பதால் இம் முறைக்கு 'சூப்பர் சானிக் ஹெட்ரோடைன்' என்று தொடக்கத்தில் பெயர் வந்து பிறகு அதுவே 'சூப்பர்ஹெட்' (superhet) என மாறிற்று.

f_1, f_2 ஆகிய இரு அடுக்கங்களையுடைய அலைகளைக் கலக்கும் போது கிடைக்கின்ற வேற்றுமை அடுக்கம் $(f_1 - f_2)$ இடை அடுக்கம் (intermediate frequency) எனப்படும். இது ஒரு மாறிலியாகும். இதை நடைமுறையில் 455 கி.சை/வி, 465 கி.சை/வி, 475 கி.சை/வி ஆக வைத்திருக்கிறார்கள். பெரும்பாலான ஏற்பிகளில் இரு அடுக்கங்களின் வேறுபாட்டை 455 கி.சை/விநாடியாக வைத்திருக்கின்றனர். அதாவது 3000 கி.சை/விநாடி அடுக்கமுடைய ரேடியோ அலைகளை யேற்கவேண்டுமானால்

ஏற்பியிலுள்ள அலைவியற்றி 3455 கி.சை/விநாடி அலைகளை உற்பத்தி செய்கிறது. இந்த அலைகள் வானவெளியிலிருந்து வரும் அலைகளுடன் கலக்கப்படுகின்றன. அதன் பின்னர் வரும் மின் சுற்றுகள், மின்குழாய்கள் யாவும் 455 கி.சை/வி அலைகளைப் பண்பிறக்கவும் பெருக்கவும் தகுந்தவாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, எல்லாச் செயல்களும் திறம்படச் செயல்படுகின்றன. வானவெளியிலிருந்து வருகின்ற அடுக்கம் எதுவாயினும் அது முதன் முதலில் 455 கி.சை/வி அடுக்கத்திற்கு மாற்றப்படுவதே முதலில் நடைபெறுகிறது. மின்சுற்றுகள், மின்குழாய்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்க எண்ணைமட்டும் கையாள வேண்டியிருப்பதால் அவை மிகத்திறமையுடன் செயற்படுகின்றன.

மேலே கூறப்பட்ட இருவகை அலைவுகளையும் ஒன்றாகக் கலக்கி நமக்குத் தேவையான அடுக்க அலைவுகளைமட்டும் பிரிக்கின்ற வேலையை டெட்ரோடு அல்லது பென்டோடு மின்குழாய் செய்கிறது. இந்த மின்குழாய் அடுக்கு மாற்றிக் குழாய் (frequency changer) என அழைக்கப்படுகிறது. நடைமுறையில் இந்த டெட்ரோடு மின் குழாயின் அமைப்பும் அலைவியற்றியின் டிரயோடு



படம் 11-1

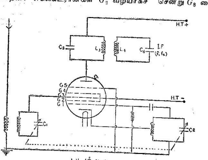
ஆக்டோடு மின்குழாய்

மின்குழாயின் அமைப்பும் ஒரே மின்குழாயில் அமைந்திருக்கும். அதை ஹெப்டோடு (heptode) என்பர். அவ்வாறே பென்டோடு மின்குழாய், டிரயோடு மின்குழாய் இவைகளை ஒருங்கே கொண்ட மின்குழாயை ஆக்டோடு (octode) என்பர். படம் 11.1 ல் இவ்விரண்டு மின்குழாய்களின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 11.1 (a) யில் இரு பகுதிகளுக்கும் பொதுவான ஒரு ஃபிலமெண்டும் (*FF*) ஓர் எதிர்மின்வாயும் (*K*) உள்ளன. ஒரு நேர்மின்வாய் (A_1), இரு கிரிடுகள் (G_2 G_3) அடங்கிய பகுதி டெட்

ரோட்டாகவும், A_2 என்ற கிரிடு வடிவிலுள்ள நேர்மின்வாய் G_1 என்ற கிரிடு அடங்கிய பகுதி டிரயோடாகவும் செயற்படுகின்றன. படம் 11.1 (b)ல் இரண்டு பகுதிகளுக்கும் பொதுவான ஒரு ஃபிலமெண்ட் (*FF*), ஓர் எதிர்மின்வாய் (*K*), ஒரு கிரிடு (G_1) ஆகிய மூன்று வாய்களுள்ளன. A_1 என்ற நேர்மின்வாய் G_1 கிரிடு G_3 G_3 ஆகிய வேறு இரு கிரிடுகள் *K* என்ற எதிர் மின்வர்ய் அடங்கிய பகுதி பென்டோடாகவும் A_2 என்ற நேர் மின்வாய் G_1 என்ற கிரிடு *K* என்ற எதிர்மின்வாய் அடங்கிய பகுதி டிரயோட்டாகவும் தொழிற்படுகின்றன. இனி இந்தக் கலக்கிப் பிரிக்கும் மின்சுற்று தொழிற்படும் முறையைக் காண்போம்.

படம் 11.2ல் இத்தகைய சுற்றின் அமைப்பு காட்டப் பட்டுள்ளது. மின்குழாயில் 5 கிரிடுகளுள்ளன. G_1, G_2 எதிர் மின்வாய் ஆகிய மூன்றும் சேர்ந்து அலைவியற்றியாகத் தொழிற் படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் G_2 வழியாகச் சென்று G_3 யை



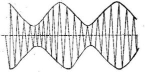
படம் 11-2
கலக்கிப் பிரிக்கும் மின்சுற்று

யடைகின்றன. கிரிடு G_3க்கு வானவெளியிலிருந்து வரும் அலைகள் ஊட்டப்படுவதால் குழாய்வழியே செல்லும் எலெக்ட் ரான்கள்மீது இந்த அடுக்கமும் செயற்படுகிறது. அதாவது சுற்றில் காட்டப்பட்டுள்ள ஹார்ட்லி அலைவியற்றியின் அடுக்கத் தோடு வானவெளியிலிருந்து வரும் அலைகளின் அடுக்கமும் சேருகின்றது. இந்த இரு அடுக்கங்களையும் பெற்ற எலெக்ட்ரான் மின்னோட்டம் G_4 என்ற திரைகிரிடு G_5 என்ற அடுக்கு கிரிடு

இவற்றிடையே சென்று நேர்மின்வாயை அடைகிறது. எனவே, நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் இந்த அடுக்கங்கள் கலக்கப் படுகின்றன. எனவே, அவற்றின் கூட்டல் தொகை (f_1+f_2) வேறுபாடு (f_1-f_2) ஆகிய இரண்டு நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தி லிருக்கும். நேர்மின்வாய்ச் சுற்று 455 கி.சை / விநாடிக்குக் இசைவிக்கப்படுவதால் ஏற்பியின் அலைவியற்றியின் அடுக்கம் பரப்பியிலிருந்து வரும் அலைகளின் அடுக்கங்களைவிட 455கி.சை/ விநாடி அதிகமாக இருக்குமாறு C_2 என்ற மாறியல் மின்தேக்கியை அமைக்கவேண்டும். C_1 என்ற ஏரியலின் மாறியல் மின்தேக்கி யும் C_2 வுடன் ஒரே அச்சில் ஏற்றப்பட்டிருப்பதால் (ganged) ஒரு குமிழைத் திருகும்போது இரு மின்தேக்கிகளும் சம அளவில் மாறி இரு அடுக்கங்களின் வித்தியாசம் எந்நிலையிலும் 455 கி.சை/விநாடியாக இருக்குமாறு சீர்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இதுவே கலக்கிப் பிரித்தலின் தத்துவமாகும்.

இடைநிலை அடுக்கப் பெருக்கி (Intermediate frequency amplifier)

f_1, f_2 அடுக்கமுள்ள இரு அலைகளை மின்குழாயினுள் செலுத்திநால் அதன் நேர்மின்வாய் A_1ல் இரு அடுக்கங்கள் கிடைக்கின்றன. அவைகளில் ஒன்று (f_1+f_2), மற்றொன்று (f_1-f_2) என்று பார்த்தோமல்லவா? இவ் விரு அடுக்கங்களிலிருந்து (f_1-f_2) ஐப் பிரித்தெடுக்கவேண்டும். எனவே A_1 என்ற நேர்மின் வாயுடன் L_3, C_3 என்ற இசைவுச் சுற்றை அமைத்து அதை நமக்குவேண்டிய வேறுபாட்டு அடுக்கமாகிய 455 கி.சைக்கின் அடுக்கத்திற்கு இசைவிக்கவேண்டும். எனவே L_3ல் 455 கி.சை



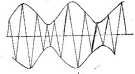
(a)

படம் 11.3

ரேடியோ அடுக்க அலைவுகள்

அடுக்க மின்னழுத்தம் உண்டாகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் L_4, C_4 என்ற மற்றொரு இசைவுச் சுற்றிற்கு மாற்றப்படுகிறது. அதுவும் 455 கி.சை. அடுக்கத்திற்கே இசைவிக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே, L_3, L_4 இரண்டும் ஒரு மின்மாற்றியாக அமைகின்றன.

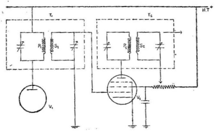
எனவே, L_4, L_3, C_3, C_4 ஆகியவை சேர்ந்து ஓர் அமைப்பை இடைநிலை அடுக்க மின்மாற்றி (intermediate frequency transformer) என அழைக்கிறோம். இவ்வாறு விரிவாக்கப்பட்ட



படம் 11-3

இடைநிலை அடுக்க அலைவுகள்

அலைவுகள் வெளியேசெல்லாமலும் ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளால் பாதிக்கப்படாமலும் இருப்பதற்காக இந்த அமைப்பு ஓர் அலுமினியப்பெட்டியில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் L_4, C_4க்கு மாற்றப்பட்ட



படம் 11-4

இடைநிலை அடுக்கப் பெருக்கி

(Intermediate frequency Amplifier)

இடைநிலை அடுக்க அலைவுகளை ஒரு மின்குழாயின்மூலம் பெருக்குகிறோம். இவ்வாறு பெருக்கும் கருவிக்கு இடைநிலை அடுக்கப்

பெருக்கி என்று பெயர். படம் 11.3 (a) ரேடியோ அடுக்க அலைவு களையும் 11.3 (b) இடைநிலை அடுக்க அலைவுகளையும் 11.4 இடைநிலை அடுக்கப் பெருக்கியையும் காட்டுகின்றன.

V_1 என்பது அடுக்கமாற்றிக் குழாயாகும். V_2 என்பது இடைநிலை அடுக்கப் பெருக்கிக் குழாயாகும். T_1ன் துணை இசைவுச் சுற்றுள S_1ல் கிடைக்கும் அலைவுகள் படம் 11.3 (a) ல் உள்ளது போல் இருக்கும். இத்தகைய மின்னழுத்தம் V_2 குழாயின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. அங்கே பெருக்கப்பட்டு T_2 என்ற இடைநிலை அடுக்க மின்மாற்றிக்குச் செல்கிறது. அதன் துணை இசைவுச் சுற்றிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னழுத்த மாறுதல்களைப் பகுப்பானில் செலுத்திச் செவியுறு அடுக்க அலைவுகளைமட்டும் பிரித்தெடுக்கிறோம்.

ஏ. வி. ஸி. (Automatic volume control) :

இது சுருக்கமாக $A.V.C.$ என்றும் அழைக்கப்படும். சாதாரணமாக ரேடியோவில் மின்காந்த அலைகள் வானவெளியில் சென்று திருப்பப்பட்டு, ஏற்பியை (receiving aerial) அடைகின்றன. இவ்வாறு திருப்பப்படும் அலைகளின் வலிமை கூடியும் குறைந்தும் மாறுபடும். எனவே, நிகழ்ச்சிகள் சில சமயங்களில் அதிக முழக்கத்துடனும், சில சமயங்களில் குறைவான முழக்கத்துடனும் கேட்கும். இவ்வாறு ஏற்படுவதைத் தடுக்கவேண்டும். அதாவது வலிமை குறைந்த அலைவுகளின் வலிமையைக் கூட்டவும், வலிமை கூடிய அலைவுகளின் வலிமையைக் குறைக்கவும் செய்து நமக்குக் கிடைக்கின்ற அலைவுகளின் வலிமையை ஒரே சீரான நிலையில் ஒரு மின்சுற்று வைக்கிறது. அச் சுற்று தானாகவே இயங்கி அலைவுகளின் வலிமையைக் கட்டுப்படுத்துவதால் அதற்கு ஏ. வி. ஸி. சுற்று என்று பெயர். இந்தக் கோட்பாடு $A.V.C.$ எனப்படும்.

வினாக்கள்

1. ஒரு கலக்கிப் பிரித்தல் சுற்று தொழிற்படும் விதத்தை விவரி. இத்தகைய சுற்றின் உணர்வு நுட்பம், பொறுக்கு திறன் ஆகியவற்றை விளக்குக.
2. ஒரு கலக்கிப் பிரித்தல் சுற்றின் படம் வரைந்து, அதன் ஒவ்வொரு பகுதியும் தொழிற்படும் முறையை விளக்குக.
3. இடைநிலை அடுக்கம் என்பதைப்பற்றி நீ அறிவது யாது?

4. வரையறுக்க:

(i) உணர்வு நுட்பம் (sensitivity).

(ii) பொறுக்கு திறன் (selectivity).

(iii) முற்றிசைவு (ficlelity)

5. ஒரு கலக்கிப் பிரித்தல் சுற்றில் உணர்வு நுட்பத்தையும் பொறுக்கு திறனையும் எவ்வாறு துல்லியமாக அளக்க லாம்?

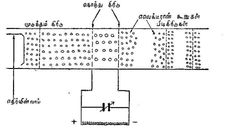
6. *A. V. C.* என்பதைப்பற்றி நீ அறிவது யாது?

12. கிளைஸ்ட்ரான், மாக்னெட்ரான் மின்குழாய்கள்

(Klystron, Magnetron tubes)

கிளைஸ்ட்ரான் மின்குழாய் :

கிளைஸ்ட்ரான் மின்குழாய் எலெக்ட்ரான் கற்றையின் திசை வேகப் பண்பேற்றம் (velocity modulation) என்ற தத்துவத்தைச் சார்ந்திருக்கிறது. ரிஃப்ளக்ஸ் கிளைஸ்ட்ரான் (reflex klystron) என்ற மின்குழாயும் இதே தத்துவத்தை ஒட்டித் தொழிற்படுகின்றது. படம் 12.1ஐக் கவனிக்கவும்.

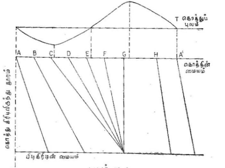


படம் 12·1

ரிஃப்ளக்ஸ் கிளைஸ்ட்ரான்

இதில் எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்வாயினுல் வெளியிடப்படுகின்றன; கிரிடினுல் ஒரே சீராக முடுக்கப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் கிரிடைவிட்டு ஒரே சீரான வேகத்தில் தாண்டிச்

சென்ற பிறகு வேறு இரு நெருக்கமான கிரிடுகள்வழியே செல்லுகின்றன. இந்த இரு கிரிடுகளுக்குக் ‘கொத்து கிரிடுகள்’ (buncher grids) என்று பெயர். ஒவ்வொரு கொத்துகிரிடும் ஓர் இசைவுச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இசைவுச் சுற்றுகளும் கொத்து கிரிடுகளும் முடுக்குக் கிரிடைப்போன்று ஒரே மின்னழுத்தத்தில் உள்ளன. இசைவுச் சுற்றில் தொழிற்படுகின்ற மாறு திசை மின்னழுத்தம் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகத்தில் மாறுதல்களை உண்டுபண்ணுகிறது. இந்தத் திசைவேகத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் அப்பொழுதுள்ள மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தைப்



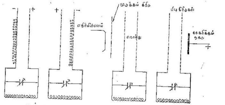
படம் 12-2

எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகக் கோடுகள்

பொறுத்துள்ளது. மாறுதிசை மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கும் பொழுது ஓர் எலெக்ட்ரான் கொத்து கிரிடுகளின் மையத்தைக் கடந்துசெல்லுமானால் அதன் திசை வேகத்தில் எந்த மாறுதலும் ஏற்படுவதில்லை. படம் 12.2ல் எலெக்ட்ரான்களின் இருப்பிடத்திற்கும் நேரத்திற்குமான வளைவு கோடுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இந்தக் கோடுகளின் வாட்டம் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகத்தைக் குறிக்கிறது. மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கின்ற நேரத்திற்கு முன்னதாக (படத்தில் C, D என்ற புள்ளிகள்) கொத்து கிரிடுகளின் மையத்தின்வழியாகச் செல்லுகின்ற எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் குறையும். ஏனெனில் கொத்து

கிரிடுகளின் குறைந்த மின்னழுத்தம் அவற்றின் வேகத்தைக் குறைத்துவிடும். மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கின்ற நேரத்துக்குப் பின்னதாக (படத்தில் F, G என்பன) கொத்து கிரிடுகளின் மையத்தின் வழியாகச் செல்லுகின்ற எலெக்ட்ரான்களின் திசை வேகம் அதிகரிக்கும். ஏனெனில் கொத்து கிரிடுகளின் அதிக மின்னழுத்தம் எலெக்ட்ரான்களை முடுக்கும். கொத்து கிரிடுகளுக்கு அப்பால் புலம் இல்லாதிருந்தால் வேகமாகச் செல்லுகின்ற எலெக்ட்ரான்கள் F, G ஆகியவையும், மெதுவாகச் செல்லுகின்ற



படம் 12.3 (a) படம் 12.3 (b)

முடுக்கு கிரிடுகளும் பிடிகிரிடுகளும்

எலெக்ட்ரான்கள் C, D ஆகியவையும், இயல்பான வேகத்தில் செல்லுகின்ற எலெக்ட்ரான் E எல்லாம் ஒன்றுசேர்ந்து நெருங்கிச் செல்லும். இந்த முறையில் பல்வேறு திசை வேகங்களுடன் செல்லுகின்ற எலெக்ட்ரான்கள் சிறுசிறு கூட்டங்களாகச் சேர்ந்து செல்லுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான் கூட்டங்கள் கொத்துகிரிடை யொத்த பிடிகிரிடுகள் (catcher grids) என்று சொல்லப்படும் வேறு இரு கிரிடுகளின்வழியே செல்லுகின்றன. இந்தப் பிடி கிரிடுகளும் வேறு ஓர் இசைவுச் சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. (படம் 12.3a).

இந்த எலெக்ட்ரான் கூட்டங்களின் ஒவ்வொரு சிறு கூட்டமும் பிடிகிரிடுகளின் வழியாகச் செல்லும்போது அவற்றுக்கிடையே யுள்ள புலத்தினால் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் குறைக்கப் பட்டு அவற்றின் ஆற்றல் கவரப்படுகிறது. T என்பது அலைவு நேரம் எனக்கொண்டால் கொத்து கிரிடிலிருந்து பிடிகிரிடுக்குச் செல்லுவதற்கு எலெக்ட்ரான்களுக்கு $T/2$ வினாடி நேரம் பிடிக்கும்.

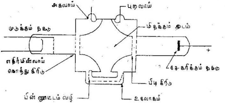
எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2}mV^2$ ஆகும். இதில் m என்பது எலெக்ட்ரான்களின் நிறையையும் V என்பது திசைவேகத்தையும் குறிக்கும். திசைவேகம் குறைவதால் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் குறைகிறது. எனவே, ஆற்றலின் ஒரு பகுதி புலத்திற்கு மாற்றப்பட்டிருக்கவேண்டும். இதே மாதிரி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் அதிகரிக்கும்போது அவை புலத்திலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். பிடிகிரிடுகளுக்கு ஆற்றலைக் கொடுத்த பிறகு எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் வெகுவாகக் குறைகிறது. பிடிகிரிடுகளைத் தாண்டிய பிறகு எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்னழுத்தமுடைய ஒரு சேகரிக்கும் தகட்டினுல் அகற்றப்படுகின்றன (படம் 12. 3b). இதுவே கிளைஸ்ட்ரான் வேலை செய்யும் தத்துவமாகும்.

படம் 12.3 b ல் கிளைஸ்ட்ரானின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. 'திசை வேகப் பண்பேற்றத்' தத்துவமே இதன் தத்துவமாகும்.

பிடிகிரிடின் வெளிவரு மின்னழுத்தம் கொத்துகிரிடுக்குத் திரும்பவும் சரியான கட்டத்தில் அளிக்கப்பட்டால் கிளைஸ்ட்ரான் மின்குழாய் ஓர் அலைவியற்றியாகச் செயற்படுகிறது. இதற்கு எலெக்ட்ரான்களைக் கொத்தாக உருவாக்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றல் அவை பிடிகிரிடுக்குக் கொடுக்கின்ற ஆற்றலைவிடக் குறைவாயிருக்கவேண்டும். கொத்து கிரிடு வழியே எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு கற்றையாகச் செல்லுவதாலும் பிடிகிரிடுவழியே அவை சிறு சிறு கூட்டங்களாகச் செல்லுவதாலும் இது சாத்தியமாகிறது. எனவே, கிளைஸ்ட்ரான் மின் குழாயின் அடிப்படைத் தத்துவம் திசைவேகப் பண்பேற்றமே ஆகும்.

கொத்து கிரிடுகளைத் தொடர்ச்சியான எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் நெருங்குகின்றன. அவை மாறுதிசை மின்புலங்களின் விளைவுகளை ஏற்கின்றன. எனவே, ஓர் அரைச் சுற்றில் முடுக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், அடுத்த அரைச் சுற்றில் எதிர்முடுக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமாகும். இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்களுக்கும், கொத்து கிரிடுக்கும் எவ்வித ஆற்றல் மாற்றமும் நிகழ்வதில்லை. மேலும், கொத்து கிரிடிலிருந்து வெளிவரும் ஆற்றல் எடுக்கப்பட்டபோதிலும் பிடிகிரிடு கொத்து கிரிடுக்கு ஆற்றலை அளிப்பதால் பின்னதன் ஆற்றல் குறைவதில்லை. மேலும் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் பிடிகிரிடு கொத்து கிரிடுக்கு அளிக்கவேண்டிய ஆற்றலைத் தேவையான அளவு பெறுகின்றது.

கிளைஸ்ட்ரான் மின்குழாய்களைப் பெருக்கியாகவோ, அலை வியற்றியாகவோ, கலக்கியாகவோ உபயோகிக்கலாம். மிக உயர்ந்த அடுக்கங்களில் தொழிற்படும்போது ஒத்ததிர்வுச் சுற்றுகள் ஒத்ததிர்வு உட்குழிவுகளாகச் (resonant cavity) செயற்



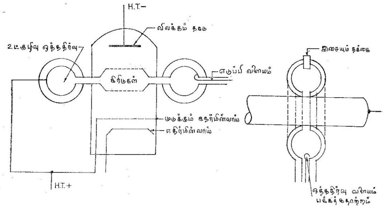
படம் 12.4

ஒத்ததிர்வு உட்குழிவுகள்

படுகின்றன. ஏனெனில் கிரிடுகள் உட்குழிவின் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒத்ததிர்வு உட்குழிவுகள் சிறியவை; ஆனால், தரத்தில் உயர்ந்தவை. இத்தகைய உட்குழிவின் படம் 12.4 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது,

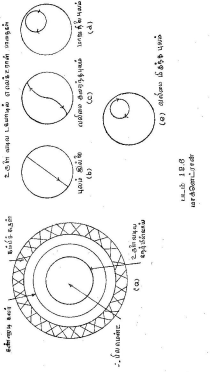
இத்தகைய கிளைஸ்ட்ரான்கள் அலைவியற்றிகளாக அதுவும் குறிப்பாக மிக உயர்ந்த அடுக்கங்களில் பயன்படுகின்றன. ரிஃப்ளக்ஸ் கிளைஸ்ட்ரான்களில் ஒரே இரட்டை கிரிடு கொத்து கிரிடாகவும், பிடிகிரிடாகவும் பயன்படுகின்றன. நேர் மின்னழுத்தம் உடைய சேகரிக்கும் தகடுகளுக்குப் பதிலாக மிக அதிக எதிர் மின்னழுத்தமுள்ள விலக்கத் தகடு (repeller-electrode) பயன்படுகிறது.

விலக்கத் தகட்டின் எதிர்மின்னழுத்தத்தைத் தக்கபடி சரிசெய்து கொத்துகிரிடுகளைத் தாண்டிச் சென்ற எலெக்ட்ரான்கள் மீண்டும் திரும்பிவந்து சரியான கட்டத்தில் ஆற்றலை மின்சுற்றிற்குக் கொடுக்கும்படி செய்யப்படுகின்றன. இம் முறைக்குப் பின்னூட்டம் (feed back) என்று பெயர். ஆற்றலை இழந்த எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. மின் சுற்றிலிருந்து ஆற்றலை வேண்டிய அளவு பெற்றுக்கொள்ளலாம்.



படம் 12.5
ரிஃப்ளக்ஸ் கிளைஸ்ட்ரானின் அமைப்பு

மாக்னெட்ரான் (Magnetron) :



படம் 12.6
மாக்னெட்ரான்

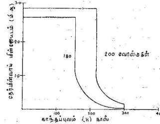
மின்குழாய்க்குள் எலெக்ட்ரான்கள் தொழிற்படும் முறையைப் படங்கள் 12.6 (a), (b), (c), (d), (e) மூலம் உணரலாம். படம் 12.6 (a) மாக்னெட்ரானின் அமைப்பைக் காட்டுகிறது.

மாக்னெட்ரான் முதன் முதலில் 1921-ல் ஹல் (Hull) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது உருளை வடிவமான டயோடு குழாயாக இருந்தது. உருளையின் அச்சில் எதிர்மின்வாய் பொருந்தியுள்ளது. எதிர்மின்வாயைச் சுற்றி உருளை வடிவத்தில் நேர்மின்வாய் உள்ளது. இந்த உருளையின் அச்சுக்கு இணையாக ஒரு சீரான காந்தப்புலம் செயற்படுகிறது. தொடக்கத்தில் டயோடு மின்குழாயைச் சுற்றி ஒரு வரிச்சுருளை (solenoid) வைத்துக் காந்தப் புலத்தை உண்டாக்கினர்.

நேர்மின்வாய் நேர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. 12.6 ல் உள்ள படங்களில் டயோடின் கிடைமட்டத் தோற்றம் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தப்புலம் இல்லாதபொழுது எலெக்ட்ரான்கள் மின்புல வலிமையினால் வேகமாகச் செல்லும். வலிமை குறைந்த காந்தப் புலத்தைக் கொடுக்கும்பொழுது எலெக்ட்ரான்கள் விலக்கப்படும். இந்த விலக்கும் விசை காந்தப் புலத்தின் விசைக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் ஓடும் திசைக்கும் செங்குத்துத் தளத்தில் இருக்கும். ஃப்ளமிங்கின் (Fleming) இடக்கை விதிப்படி இந்த விலக்கவிசை ஒரு வட்ட இயக்கத்தை (circular motion)த் தோற்றுவிக்கவேண்டும். எனவே, எலெக்ட்ரான்கள் வட்டப் பகுதிகளில் ஃபிலமெண்டுக்குச் செல்ல ஆரம்பிக்கின்றன. காந்தப்புலத்தின் வலிமையை அதிகரிக்கும்பொழுது இந்த வட்டப்பாதையின் ஆரம் குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட புல வலிமையில் எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயைச் சென்றடையாமல் அதைத் தொட்டுக்கொண்டு வட்டப்பாதையில் செல்லும். காந்தப்புல வலிமையை மேலும் அதிகரிக்கும்பொழுது இந்தப் பாதைகளின் ஆரங்கள் மேலும் குறையும். இவையே படம் 12.6 (b), (c), (d), (e)-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

கொள்கையின்படி குறிப்பிட்ட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுவரை காந்தப்புலம் அதிகரிக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் நிலையாக இருக்கவேண்டும். மாறுநிலை மின்புலத்தில் (critical field) நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் திடீரென்று குறைகிறது. கொள்கையின்படி இந்த மின்னோட்டம் திடீரென்று சுழியாகவேண்டும். ஆனால், நடப்பில் அப்படி ஆவதில்லை. படம் 12.7-ல் காட்டியபடியே மின்னோட்டம் வளைவுகளால் குறிக்கப்படுகிறது. இதற்கு அநேக காரணங்கள் உள்ளன. உதாரணமாக, ஃபிலமெண்டை விட்டு வெளியேறும்

பொழுது எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் வெவ்வேறு அளவிலிருக்கிறது. மேலும் நேர்மின்வாயைச் சென்றடையும்பொழுதும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் வெவ்வேறு அளவிலிருக்கிறது. மேலும் காந்தப்புலம் நேர்மின்வாயின் நீளம் முழுவதிலும் ஒரே சீராக இருப்பதில்லை. நேர்மின் வாயின் முனைகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் போய்க்கொண்டே இருக்கின்றன. படம் 12·7-லிருந்து டயோடில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைக் காந்தப் புலத்தைக் கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம் என்பது புலனாகின்றது. டிரயோடு மின்குழாயில் எப்படி கிரிடு மின்னழுத்தம் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறதோ, அதேபோல டயோடில் காந்தப்புலம் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. இந்தத் தத்துவந்தான் முதல் மாக்னெட்ரான் அலையியற்றியில் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால், அப்பொழுது குறைந்த அடுக்க அலைவுகளையே உண்டாக்க முடிந்தது. நவீன மாக்னெட்ரான்களில், நிலையான காந்தப் புலத்தைப் பயன்படுத்தி நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கட்டுப்படுத்துகின்றனர்.



படம் 12.7

மாக்னெட்ரானின் நிலையியல் தனிப்பண்புகள்

படம் 12.7-ல் இத்தகைய மின்குழாயின் நிலையியல் தனிப்பண்புகள் (static characteristics) காட்டப்பட்டுள்ளன.

1924 வரையில் மாக்னெட்ரான் அலையியற்றி அவ்வளவு விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படவில்லை. 1929-ல் மாக்னெட்ரானில் சிறந்த மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டன. நேர்மின்வாய் இரண்டு அல்லது மேற்பட்ட பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு அப் பகுதிகள்

இடைவெளிவிட்டு அமைக்கப்பட்டன. இரண்டாகப் பிரிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் மாக்னெட்ரான்கள் (split anode magnetron) அதிக அளவில் உபயோகத்திற்கு வந்தன. இப்படி நேர்மின்வாய் களைப் பிரித்தால்தான் மிக அதிக அதிக அடுக்க அலைவுகளை (ultra high frequency) உற்பத்தி செய்ய முடிந்தது. நவீன பிரிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் மாக்னெட்ரானைப்பற்றித் தெரிந்து கொள்வதற்கு முன்பு எலெக்ட்ரானின் வட்ட இயக்கத்தைப்பற்றிக் கணித வாயிலாகச் சிறிது பார்ப்போம்.

ஓடுகின்ற எலக்ட்ரான் ஒரு மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகின்றது. e மின்னூட்டம் உடைய எலக்ட்ரான் ஒரு காந்தப் புலத்தில் v திசைவேகத்துடன் செல்லும்பொழுது அதன்மேல் செயல்படும் விசை $F = Hev$ என்ற சமன்பாட்டில் பெறப்படும். இங்கு H என்பது காந்தப்புலத்தைக் குறிக்கும். ஃபிளமிங்கின் விதிப்படி இந்த விசை எலெக்ட்ரான் நகருகின்ற திசைக்கும் காந்தப்புலத்தின் திசைக்கும் செங்குத்தாகச் செயல்படுகின்றது. எனவே, படம் 12·6-ல் காட்டியபடி வட்ட இயக்கம் உண்டாகின்றது.

காந்தப்புலத்தினுல் எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம் மாறுவதில்லை. அது மின்புலத்தினுல் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது. எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy) மின்புலத்தினுல் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும். எனவே, $\frac{1}{2}mv^2 = eVo$ . . (1) இங்கு 'm' எலெக்ட்ரானின் நிறையையும், V_0 மின்புலத்தின் மின்னழுத்த பேதத்தையும் குறிக்கின்றன. ஃபிலமெண்டுக்கும் அதைச் சுற்றி உருளை வடிவிலுள்ள நேர்மின்வாய்க்கும் இடையில் மின்புலம் ஃபிலமெண்டுக்கருகில் வலிமை மிக்கதாயும் மற்ற இடங்களில் மிகவும் வலிமை குறைந்தும் உள்ளது. தோராயமாக முழு மின்னழுத்த பேதமும் ஃபிலமெண்டுக்கு அருகிலேயே நிகழ்வதாகவும் அதற்கப்பால் எலெக்ட்ரான்கள் நிலையான திசைவேகம் v யுடன் செல்வதாகவும் நாம் கொள்ளலாம். இந்த நிலையில் காந்தப்புலம் எலெக்ட்ரான்களை வட்ட இயக்கப் பாதையில் செலுத்துகின்றது. இந்த வட்டத்தின் ஆரம் r என்று கொண்டால்

$$\frac{mv^2}{r} = Hev$$

$$r = \frac{mv}{He} = \frac{1}{H}\sqrt{\frac{2mV_0}{e}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (2)$$

அல்லது $r \propto \frac{\sqrt{V_0}}{H}$ ... ... (3)

அலைவு நேரம் T எனக்கொண்டால்

$$2\pi r = vT. \therefore T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{He} \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

மேலும் இரண்டாவது சமன்பாட்டிலிருந்து

$$H = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{2\,mv_0}{e}}$$

H ன் மாறுநிலை மதிப்பு ஏறக்குறைய

$H = \dfrac{\sqrt{18_0\ V_0}}{d}$ என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகிறது.

இங்கு V_0 என்பது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தையும் d என்பது அதன் விட்டத்தையும் குறிக்கும்.

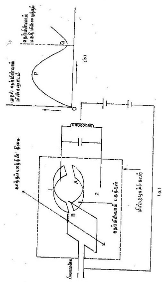
நவீன பிரிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் மாக்னெட்ரான்:

படம் 12.8 இதைக் குறிக்கிறது.

வரிச்சுருளுக்குப் பதிலாகத் தற்போது காந்தப்புலம் மின் காந்தத்திலிருந்து (electro - magnet) பெறப்படுகிறது. சிற்சில சமயங்களில் நிலைத்த காந்தங்களும் பயன்படுகின்றன. தகுந்த நிலைகளில் மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள மாக்னெட்ரான் சுமார் 100 கிலோ சைக்கிள் / வினாடியிலிருந்து (3000 மீட்டர்கள்) 30,000 மெகா சைக்கிள் / வினாடி (ஒரு சென்டி மீட்டர்) வரை கொடுக்கிறது. பொதுவாக 30,000 கிலோ சைக்கிள்களுக்குக் கீழே ஒரு பகுதியாகவும் 500 கிலோ சைக்கிள்களுக்கு மேலே ஒரு பகுதியாகவும் இதைப் பிரிப்பது உண்டு. முந்தையது டைனட்ரான் அலைவுகள் (dynatron oscillations) என்றும் பிந்தையது எலெக்ட்ரானிக் அல்லது ஒத்தியைவு அலைவுகள் (electronic or resonance oscillations) என்றும் அழைக்கப்படு கின்றன. இந்த இரண்டு அடுக்கங்களுக்கிடையில் நடைமுறையில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த நடுநிலை அடுக்கங்கள் (intermediate frequencies) என்பனவும் உண்டு. இந்த அலைவுகளுக்கெல்லாம் எதிர்மின்தடை (negatives resitance) காரணமாகும்.

படம் 12.8 ஒரு பிரிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் மாக்னெட் ரானின் நிலையியல் தனிப்பண்புகளைக் காட்டுகிறது. ஒரு நேர் மின்வாய்ப் பகுதி (இரண்டாவது பகுதி என்க) நிலையான மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. காந்தப் புலத்தின் வலிமை

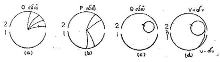
மாறுநிலை மதிப்பைவிட அதிகமாக இருக்கும்படி வைக்கப் படுகின்றது. நேர்மின்வாய் முதல் பகுதியின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றி, நேர்மின்னோட்டத்தை அளந்தால் படத்தில் உள்ளது போன்று வரைபடம் கிடைக்கும்.



படம் 12.8
நவீன பிரிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் மாக்னெட்ரான்

முதல் நேர் மின்வாயின் மின்னழுத்தம் குறைவாக இருக்கும் பொழுது வெகுசில எலெக்ட்ரான்களே அதை நோக்கிச் செல்லு கின்றன. படம் 12.9 (a) ல் காட்டியபடி அதிக எலெக்ட்ரான்கள் மற்ற நேர்மின்வாய்களுக்குச் செல்லுகின்றன.

மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்பொழுது அதிக எலெக்ட்ரான்கள் கவரப்படுகின்றன. (வளைகோட்டில் P என்ற புள்ளி இதைக் குறிக்கிறது.) நேர்மின்வாயின் இரண்டு பகுதிகளிலும் மின்னழுத்தம் சமமாக இருக்கும்பொழுது எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு



படம் 12.9

மாக்னெட்ரானில் எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டம்

பகுதிக்கும் செல்லாமல் ஒரு வட்டப்பாதையில் செல்லுகின்றன. ஏனெனில் இப்பொழுது மாறுநிலை காந்தப்புலம் முழுமையாகச் செயல்படுகிறது (படம் 12.9 c). இந்த நிலை, வளைகோட்டில் Q என்ற புள்ளியாகும், வளைகோட்டில் PQ என்ற பகுதி எதிர் மின்தடையைக் குறிக்கிறது. தள்ளு இழு சுற்றை (push pull circuit) நேர்மின்வாயின் இரு பகுதிகளுடன் இணைத்து எதிர்மின் தடையை உபயோகித்து மின் சுற்றுக்கு ஆற்றலைக் கொடுக்கலாம்.

இந்தச் சுற்றில் அலைவுகளைத் தொடர்ச்சியாகப் பெறும் முறையை விஞ்ஞானிகள் விவரித்துள்ளனர். ஃபிலமெண்டிலிருந்து மின்புலம் ஆரத்தின் வழியே செயற்படுகிறது. இரண்டு நேர் மின்வாய்ப் பகுதிகளும் ஒரே மின்னழுத்த பேதத்தில் இருக்கும் பொழுது மின்புலம் சமச்சீர் (symmetrical) உடையதாயிருக்கிறது. ஓர் அலைவு ஆரம்பிக்கும்பொழுது நேர்மின்வாய்ப் பகுதிகளின் மின்னழுத்தங்கள் $(V+\delta v)$, $(V-\delta v)$ ஆக இருக்கின்றன. இரண்டு நேர்மின்வாய்ப் பகுதிகளும் வெவ்வேறு மின்னழுத்த பேதங்களில் இருப்பதால் அவற்றுக்கிடையே ஒரு புது மின் புலம் உண்டாகிறது. இது பழைய மின்புலத்துடன் ஒன்று படுகிறது. இதனால் மின்புலம் உருக்குலைகிறது (distorts). இந்த உருக்குலைவு AB என்ற இடைவெளிகளில் மிக அதிகமாக உள்ளது. A க்கு அருகே வரும் எலெக்ட்ரான் A யிலுள் விலக்கப் பட்டுக் குறைந்த மின்னழுத்தமுடைய நேர்மின்வாய்ப் பகுதியை நோக்கிச் செல்லுகிறது. இதே மாதிரி புலத்தின் உருக்குலைவைப் பொறுத்து அதிக மின்னழுத்தமுடைய பகுதிக்கருகே இருந்த

எலெக்ட்ரான் தன்னுடைய பாதையின் உச்சத்திலிருக்கும்போது விலக்கமடைந்து மேலும் விலகிச் செல்கிறது.

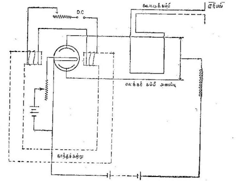
உண்டாக்கப்பட்ட அடுக்கம் மின்குழாயுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ள இசைவுச் சுற்றின் இயற்கையான அடுக்கத்தைப் பொறுத்தே அமையும் என்பதே டைனட்ரான் அலைவுகளின் முக்கியப் பண்பாகும்.

மாக்னெட்ரான் அதிக அளவு அடுக்கங்களில் வேலைசெய் தாலும் 75 செ.மீ. அல்லது அதற்குக் குறைந்த அலைநீளங்களுக்குச் சமமான அடுக்கங்களில் வேலைசெய்யும்பொழுது குறிப்பிட்ட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் அந்த அமைப்பு மின்காந்தப் புலத்தின் வலிமையைப் பொறுத்தே அமைகிறது. குறிப்பிட்ட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தில் காந்தப்புலத்தை மெதுவாக அதிகரிக்கும்பொழுது அலைவுகளின் வீச்சுகள் சில அடுக்கங் களில் மிக அதிகமாகவும் மற்றவற்றில் குறைந்தும் இருக்கிறது.

குறிப்பிட்ட நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் V, காந்தப்புலம் H ஆகியவற்றில் சில அடுக்கத்தில் சுற்று நன்கு அலைவுறுகிறது. அதாவது அடுக்கம் $f = K \cdot \frac{V}{H}$. இங்கு K என்பது ஒரு மாறிலி யாகும்.

சமீபத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள மாக்னெட்ரான்களில் நேர்மின்வாய் இரு பகுதிகளுக்குப் பதிலாக நான்கு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் இந்தக் குழாய்கள் ஆர்கான் போன்ற வாயுக்களால் நிரப்பப்பட்டுள்ளன. எலெக்ட்ரான்கள் வட்டப்பாதையில் செல்வதற்குப் பதிலாகச் சுருள்வில் (spiral) பாதையிலும் ஹெலிகல் (helical) பாதையிலும் செல்லுகின்றன. மேலும் காந்தப்புலம் அச்சுக்கிணையாக இருப்பதற்குப் பதிலாக ஒரு சாய்வான திசையிலும் செலுத்தப்படுகிறது. படம் 12.10 ஒரு முழுமையான மாக்னெட்ரான் சுற்றைக் காண்பிக்கிறது. இதை உபயோகித்து எந்த அடுக்க அலைகளை வேண்டுமானாலும் உற்பத்திசெய்யலாம். நேர்மின்வாய்ப் பகுதிகள் ஒரு லெஹர் கம்பி அமைப்புடன் (lecher wire system) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. லெஹர் கம்பி ஓர் உயர்அடுக்கச் சோக்குடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. குறைந்த அடுக்கங்களை உற்பத்திசெய்ய லெஹர் கம்பிச் சுற்றுக்குப் பதிலாக ஓர் இசைவுச் சுற்றை இணைக்க வேண்டும். தற்காலத்தில் ஒத்திசைவு உட்குழிவு மாக்னெட்ரான்கள் (resonance cavity magnetrons) உபயோகத்துக்கு வந்துள்ளன. இவை உயர் கடத்திப் பொருள்களால் ஆனவை. இவற்றுக்கு

மின்காந்த ஆற்றலைக் கொடுக்கவோ அவற்றிலிருந்து எடுக்கவோ முடியும். நேர்மின்வாய் ஒரு கனமான செப்பு உருளையால் ஆனது. இதில் ஆரங்களின் திசையில் இடைவெளிகளும் உருளை வடிவில் துவாரங்களும் நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின்



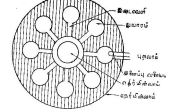
படம் 12.10
மாக்னெட்ரான் சுற்று

வாய்க்கும் இடையில் உள்ளன. இடைவெளி துவாரப் பகுதிக்கு உட்குழிவு என்று பெயர். இவற்றின் அமைப்பு படம் 12.11ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்த உட்குழிவுகள் ஒத்தியைவுச் சுற்றுகளாகத் தொழிற்படுகின்றன. இடைவெளிகள் (slots) மின்தேக்கிகளாகவும், துவாரங்கள் (holes) மின்நிலைமங்களாகவும் தொழிற்படுகின்றன. காந்தப்புலம் செயற்படும்பொழுது நேர்மின்வாயின் ஒரு திசை மின்னழுத்தத்தில் எலெக்ட்ரான் வட்டப்பாதையில் செல்லுகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் கூட்டம் கூட்டமாக ஒத்ததிர்வின் (resonator) இடைவெளிகளைக் கடந்து செல்லுகின்றன. அப்படிச் செல்லும் போது ஒத்ததிர்வுக்கு ஆற்றலைக் கொடுக்கின்றன. இந்த இடைவெளிகளுள் ஒன்றில் ஒரு கம்பியாலான வளையம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் வழியாக ஆற்றல் வெளியேற்றப்படுகிறது.

இந்த உட்குழிவை உபயோகித்து 9,500 மெகா சைக்கிள்/வினாடி அலைவுகளை உண்டுபண்ணலாம்.

கிளைஸ்ட்ரான் அலைவியற்றி, மாக்னெட்ரான் அலைவியற்றி ஆகியவை மைக்ரோ அலைகள் அலைவியற்றிகளாகும். அதிக அடுக்கங்களில் சாதாரண மின்குழாய்கள் அவ்வளவாகப் பயன்



படம் 12.11

மாக்னெட்ரான் உட்குழிவுகள்

படுவதில்லை. ஏனெனில், அதிக அடுக்கங்களில் அகமின் தேக்கிகளும், அகமின் நிலையங்களும் (internal capacitances and internal inductances) இடையூறு விளைவிக்கின்றன. மேலும், எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு மின்வாயிலிருந்து வேருெரு மின்வாய்க்குச் செல்லுகின்ற நேரமும் ஆற்றலை வீணாக்குகிறது. மேலும், மிக உயர்ந்த அடுக்கங்களில் மின்குழாயின் பரிமாணம், அத்துடன் சேர்ந்த சுற்றுகளின் பரிமாணம் ஆகியவை அலைகளின் நீளத்திற்கு ஒப்பாகின்றன. எனவே, இவையும் ஆற்றல் விரையமாகக் காரணமாகின்றன. அக்கார்ன் (acorn), கலங்கரைவிளக்கம் (light house) மின்குழாய்கள் 300 மெகா சைக்கிள் / வினாடியிலிருந்து 2000 மெகா சைக்கிள் / வினாடிவரை நன்ருகத் தொழிற்படுகின்றன. மைக்ரோ அலைப்பகுதியில் 2000 மெகா சைக்கிள் / வினாடியிலிருந்து 30,000 மெகாசைக்கிள் / வினாடி வரை (30 பில்லியன் சைக்கிள்கள் வரை) அடுக்கங்கள் உள்ள அலைவுகளை உற்பத்திசெய்யப் புதுவகை மின்குழாய்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவைகளில் கிளைஸ்ட்ரான்களும், மாக்னெட்ரான்களும் சிறந்தவையாகும்.

வினாக்கள்

1. ஒரு டிரையோடு மின்குழாயில் வழக்கமான பின்னூட்ட முறையைப் பின்பற்றி வெகு உயர் அடுக்கங்களை உண்டாக்குவதில் உள்ள இன்னல்களை விவரி. ஒரு படத்தின் உதவிகொண்டு ஒரு மாக்னெட்ரான் மின்குழாயில் ஆற்றல் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்குக.

2. கடக்கும் காலம் (transit time) என்பதை விளக்குக. ஒரு சாதாரண மின்குழாயில் இந்தக் கடக்கும் காலவிளைவை எவ்வாறு நீக்கலாம்?

3. பொதுவாக டிரயோடு மின்குழாய்களில் ஒரு வினாடிக்கு 3000 மெகா சைக்கிள்கள் அடுக்கங்களையுடைய அலைவுகளை ஏன் உற்பத்தி செய்யமுடியாது என்பதை விவரிக்க. ரிஃப்ளக்ஸ் (reflex) கிளைஸ்ட்ரானின் படம் வரைந்து அது தொழிற்படும் விதத்தையும் அதில் எலெக்ட்ரான்கள் கற்றைகளாகச் (bunches) சேரும் விதத்தையும் விவரிக்க.

4. கடக்கும் காலம் என்பதை விளக்குக. வழக்கமான அலைவியற்றிச் சுற்றுகள் ஏன் மைக்ரோ அலைகளை உற்பத்தி செய்யப் பயன்படா என்பதை விளக்குக.

5. ஒரு ரிஃப்ளக்ஸ் கிளைஸ்ட்ரானின் அல்லது ஒரு உட்குழிவு மாக்னெட்ரானின் பாகங்களை விவரித்து அவை தொழிற்படும் முறையை விளக்குக.

6. ஒரு மாக்னெட்ரானை விவரிக்க. அதை ஓர் உயரடுக்க இயற்றியாகவும், உயர் திறனுடைய அலைவியற்றியாகவும் எவ்வாறு பயன்படுத்துவாய்?

13. ராடாரின் அடிப்படைத் தத்துவங்கள்

(Basic Radar Elements)

ராடாரைப்பற்றி நன்கு தெரிந்து கொள்வதற்கு ரேடியோவின் அடிப்படைத் தத்துவங்களைப் புரிந்துகொள்ளவேண்டும் என்று முதல் அத்தியாயத்தில் கூறினோம். இதையே *R. S. H.* பௌல்டிங் ஸ்டீபன் எ நைட் போன்ற மேனாட்டு ஆசிரியர்களும் வலியுறுத்துகின்றனர். இதுகாறும் கூறியவற்றால் ரேடியோ செயல்படும் முறை நன்கு விளங்கும். இனி ராடார் எப்படி வேலை செய்கிறது, ராடாரின் துடிப்புச் சுற்றுகள், இரம்பப்பல் மின்னோட்ட இயற்றிகள், துடிப்புப் பரப்பிகள், துடிப்பு ஏற்பிகள், தூரங்களை நிர்ணயித்தல், ஒத்தியைவுக் கம்பிகள், ராடாரின் சமாதான காலப் பணிகள் ஆகியவற்றைப்பற்றி இனி வரும் அத்தியாயங்களில் பார்ப்போம்.

ராடாரின் தத்துவம் மிக மிக எளியது. ஒரு குன்றின் முன்னால் அல்லது ஒரு குளக்கரையில் நின்று கொண்டு ஒருவர் உரத்த குரல் எழுப்பினால் சற்று நேரத்தில் அவ்வொலி எதிரொலிக்கப்பட்டு அவருக்குக் கேட்கும். அவர் ஒலியை எழுப்பியதிலிருந்து ஒரு வினாடி கழித்து எதிரொலியைக் கேட்கிறார் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இந்த ஒரு வினாடியில் காற்றில் ஒலி செல்லும் தூரம் 1120 அடி அல்லது 330 மீட்டர்களாகும். எனவே, ஒலி குளத்தின் மறுகரையில் பட்டுத் திருப்பப்பட்டு வருவதனால் அவருக்கும் குளத்தின் கரைக்குமுள்ள தூரம் 165 மீட்டர்கள். ஏனெனில் ஒலி அவரது இருப்பிடத்திலிருந்து கரைக்கு 165 மீட்டர் தூரமும் கரையிலிருந்து அவரிருப்பிடத்திற்கு 165 மீட்டர் தூரமும் ஆக 330 மீட்டர்கள் தூரத்தை ஒரு வினாடியில் கடந்திருக்கிறது. இவ்வாறு ஒலி எழுப்பப்பட்ட நேரத்திலிருந்து இரண்டு வினாடிகள் கழித்து மறுபடி கேட்கப்பட்டால் ஒலி எழுப்பியவருக்கும் கரைக்குமுள்ள தூரம் 330 மீட்டர்களாகும்; 4 வினாடிகள் கழித்துக் கேட்கப்பட்டால் தூரம் 660 மீட்டர்

களாகும். இவ்வாருக நேரத்தைக் கொண்டு நாம் தூரத்தைக் கணக்கிட முடியும். இந்த அடிப்படையில்தான் ராடார் வேலை செய்கிறது.

மேலே சொல்லப்பட்ட தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி விஞ்ஞானிகள் ராடாரை உருவாக்குவதற்கு முன்னர் இயற்கையின் வித்தைப் படைப்பாகிய வௌவால்கள் (bats) ராடார் சாதனங்கள் பொருத்தப்பட்டு இயங்குகின்றன. வௌவால்கள் இரவில்தான் கூட்டங் கூட்டமாக இரைதேடப் புறப்படுகின்றன. இரவில் இரை தேடும் மற்றைய விலங்குகளான சிங்கம், புலி போன்றவை கூட்ச் சிறிது ஒளியாவது இருந்தால்தான் இரை தேடிச் செல்ல முடியும். ஆனல் வௌவால்களோ அமாவாசையின் கும்மிருட்டிலும், சந்து பொந்துகளிலும்கூட நுழைந்து விரைவாகச் சென்று வெளி வரும் ஆற்றல் படைத்தவை. அவற்றின் செய்கை விஞ்ஞானிகளுக்கு ஆச்சரியமாக இருந்தது.

வௌவால்கள் எவ்வாறு இருட்டிலும் வழிகாணுகின்றன என்பதுபற்றி அறிவியல் விஞ்ஞானிகள் ஆராய்ந்தனர். அவற்றின் கண்கள் மிகுந்த ஆற்றலுள்ளனவோ என ஐயுற்றனர். எனவே, ஒரு வௌவாலைப் பிடித்து அதன் கண்களைக் குருடாக்கினர். அப்பொழுதும் அது தன்னுடைய வழியைக் காண்பதில் எந்த விதத் தொல்லையையும் அடையவில்லை. பிறகு அதன் காதுகளையும் வாயையும் கட்டி விட்டனர். அப்பொழுது அது உண்மையிலேயே செயலிழந்து விட்டது. எனவே, வௌவால்கள் தங்கள் வாயையும் காதுகளையும் பயன்படுத்தித்தான் வழியறிகின்றன என்று விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்தனர்.

வௌவால் தன் வாயால் ஒலி எழுப்புகிறது. அது எதிரிலுள்ள பொருளில் பட்டுத் திரும்பி வருவதைக் கவனமாகக் கேட்கிறது. எதிரொலி வரும் நேரத்திலிருந்து எதிரிலுள்ள தடை எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளது எனக் கண்டுகொள்கிறது. மீண்டும் ஓர் ஒலியை எழுப்புகிறது. அவ் வொலி திரும்பிவரும்வரை அமைதியாக இருக்கிறது. இவ்வாறு ஒலிச் சைகைகளை எழுப்பி அவை திரும்பிவரும் நேரத்திலிருந்து எதிரேயுள்ள தடையின் தூரத்தை அறிந்து கொள்கிறது. இவ்வாருக வௌவால்கள் வழிகாணுகின்றன. வௌவால்கள் எழுப்பும் ஒலியை நாம் கேட்க முடியாது. ஏனெனில் அவற்றின் ஒலி அடுக்கம் மிகுந்தவை.

மனிதனின் காதின் அமைப்புப்படி ஒலியின் அடுக்கம் 20 க்கும் 20,000 க்கும் இடையில் இருந்தால்தான் அதை அவன் கேட்க முடியும். ஒலியின் அடுக்கம் 20க்குக் கீழோ 20,000 க்கு

மேலோ இருக்குமாயின் அவை நமது காதுக்குக் கேளா. நம்மால் கேட்க முடியாத ஒலிகளைக்கூடச் சில விலங்குகளும் பறவைகளும் கேட்கக்கூடிய தன்மையைப் பெற்றுள்ளன. தேனீக்கள், வெட்டுக்கிளிகள் போன்றவை எழுப்பும் ஒலிகளின் அடுக்கங்கள் சில சமயங்களில் 40,000 க்கும் மேற்படுவதுண்டு. நாய், பூனை, எலி முதலியவை சுமார் 30,000 க்கும் மேற்பட்ட அடுக்கங்களை உடைய ஒலிகளை எழுப்பும் தன்மைகள் வாய்ந்தவை. ஆனால், வௌவால்கள் 100,000க்கு மேலும் அடுக்கமுடைய ஒலிகளை எழுப்பக்கூடியன. மிக நுட்பமான தங்கள் உள்காதுகளின் உதவியால் இவ்வளவு அதிகமாக அடுக்கமுள்ள ஒலிகளை அவை சுலபமாகக் கேட்கின்றன. எனவேதான் அவை இரவில்கூடத் தங்கு தடையின்றித் தங்கள் வழியைக் காணுகின்றன. இந்த அதிக அடுக்கமுள்ள ஒலிகளுக்குக் கேளா ஒலிகள் அல்லது செவியுணரா ஒலிகள் என்று பெயர், (ultra sanics). வௌவால்கள் செவியுணரா ஒலிகளை எழுப்புவதில்லை யென்றும் அதற்குப் பதிலாக அதிக அடுக்கமுடைய பின் துடிப்புகளையே உண்டாக்குகின்றனவென்றும், அந்தத் துடிப்புகள் எதிரொலிக்கப்பட்டு, திரும்பும்போது ராடாரைப் போலவே அவற்றைப் பெறுகின்றன வென்றும் சில விஞ்ஞானிகள் கருது கின்றனர்.

வௌவால்களைப்போன்று நாமும் ஒரு செயற்கைஅமைப்பின் துணைகொண்டு தூரத்தை அளக்கமுடியாதா என்ற கேள்வி பிறந்தது. இந்தக் கேள்விக்கு முடியும் என்ற விடையும் கிடைத்தது. அவ் விடைதான் ஸோனார் (sonar) என்ற அமைப் பாகும். இந்த ஸோனாரைப் பயன்படுத்தி ஆழ்கடலின் ஆழத்தைக் கண்டுபிடித்தல், கடலினுள் கூட்டங் கூட்டங்களாகத் திரியும் மீன்களின் இருப்பிடத்தை யறிந்து அவற்றைப் பிடித்தல், நீரினுள் மறைந்துசெல்லும் நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களைக் கண்டுபிடித்தல் போன்ற எண்ணற்ற சாதனைகள் கைவரப் பெற்றுள்ளன. உதாரண மாக ஓரிடத்தில் கடலின் ஆழத்தைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டு மானால் அவ்விடத்தில் ஒரு கப்பலை நிறுத்துவர். கப்பலில் ஒரு ஸோனார் கருவி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது மேற்புற ஒலிகளை உண்டாக்கி அவற்றை ஒரு கற்றையாகக் குவித்துக் கடலின் அடிப்புறத்தை நோக்கிச் செலுத்தும். அவ்வொலி கடலின் அடித்தளத்தில் பட்டு எதிரொலித்து மீண்டு வரும். அதை வேறு ஒரு கருவி பதிவுசெய்யும். ஒலி அனுப்பப்பட்டதற்கும் அது மீண்டும் வந்ததற்கும் இடையேயான நேரத்தை அளந்து கடலின் ஆழத்தைக் கணக்கிடுகின்றனர்.

மெதுவாகச் செல்லும் நீர்மூழ்கிக் கப்பல், நிலையான கடலின் ஆழம், ஓரிடத்திலேயே நிலையாக இருக்கின்ற ஒரு தடை ஆகியவற்றை ஒலியின் உதவிகொண்டு அளக்கமுடியும். ஆனால் ஒலியைப்போல் பன்மடங்கு வேகத்தில் பறந்து வருகின்ற விமானங்களைக் கண்டறிய இதே அமைப்பைப் பயன்படுத்த முடியுமா என்ற வினா எழுகின்றது. முடியும். ஆனால், அதனால் நமக்கு எந்தவிதமான பலனும் இல்லை. ஏனெனில் எதிரொலிக் கப்பட்ட ஒலி நம்மை வந்தடைந்து நாம் அந்த விமானத்தின் தூரத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு முன்பு அந்த விமானம் பல நூறு மைல்கள் முன்னேறியிருக்கும். எனவே, இந்தப் பிரச்சினைக்குத் தீர்வுகாண ஒலியைப் போன்ற, ஆனால் ஒலியைவிடப் பன் மடங்கு வேகமாகச் செல்லக்கூடிய அலைகள் நமக்குத் தேவை. மேலும் அந்த அலைகள் காற்று, மழை, பனி, தூசு ஆகியவற்றால் சிறிதளவும் பாதிக்கப்படாதனவாக இருக்கவேண்டும். இத்தகைய பண்புகளைப் பெற்றிருப்பவை ரேடியோ அலைகள் அல்லது மின்காந்த அலைகளாகும். இந்த அலைகளைப்பற்றி முன்னமேயே கூறப்பட்டுள்ளது.

மின்காந்த அலைகள் ஒளி அலைகளைப் போலவே ஒரு வினாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் செல்லக்கூடியவை. மீட்டர், கிலோ கிராம், வினாடி முறையில் (M K S system) இது ஒரு வினாடிக்கு 3,00000000 மீட்டர்களாகும். அதாவது மின்காந்த அலைகளின் திசை வேகம் (velocity), 3×10^8 மீட்டர்கள் வினாடியாகும். இதுவே ரேடியோ முறையில் பொருள்களைக் கண்டறிந்து அவற்றின் தூரங்களை அளக்கின்ற விஞ்ஞானத்தின் அடிப்படைக் கருத்தாகும்.

ராடாரில் ஒரு தகுந்த பரப்பியிலிருந்து (transmitter) ஒரு துடிப்பு (pulse) வெளியே அனுப்பப்படுகின்றது. அது தனது பாதையில் ஓர் உலோக அல்லது வேறு தகுந்த தடையினால் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஒரு வினாடியில் பல ஆயிரங்களில் ஒரு பகுதிக்குப் பிறகு பரப்பிக்கே வந்து சேருகிறது. துடிப்பு அனுப்பப்பட்ட நேரத்திற்கும் அது எதிரொளிக்கப்பட்டு வந் தடைந்த நேரத்திற்குமுள்ள கால இடைவெளி மின்காந்த அலைகள் கடந்த தூரத்தை மிகத் துல்லியமாக அளப்பதற்குப் பயன் படுகிறது. மின்காந்த அலைகள் ஒரு வினாடிக்கு 300,000,000 மீட்டர்கள் செல்லுகின்றன என்று முன்னமேயே கூறினோம். இது ஒரு மைக்ரோ வினாடிக்கு (1 மைக்ரோ வினாடி $= \frac{1}{1,000,000}$ வினாடிகள்). 328 கெஜங்களுக்கு ஒப்பாகும். இவ்வாறு ராடார்

ஒலி பரப்பியிலிருந்து 328 கெஜ தூரத்தில் ஒரு தடையிருந்தால் துடிப்பு தான் வெளிவிடப்பட்ட நேரத்திலிருந்து 2 மைக்ரோ வினடிகள் (micro seconds) கழித்துப் பரப்பியை வந்தடையும். அதாவது பரப்பியிலிருந்து 328 கெஜ தூரத்தில் உள்ள பொருளைச் சென்றடைய 1 மைக்ரோ வினடி, பொருளிலிருந்து பரப்பியைத் திரும்பி வந்தடைய 1 மைக்ரோ வினடி ஆக 2 மைக்ரோ வினடிகளாகும். ராடாரில் பரப்பி, ஏற்பி (receiver) இரண்டிற்கும் ஒரே ஏரியல் (aerial) உள்ளது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

மேலே கூறப்பட்டவைகளிலிருந்து ராடாரின் தத்துவம் மிக எளியது என்பது விளங்கும். ஆனல் இந்தத் தத்துவங்களை நடைமுறையில் செயல்படுத்த நேரத்தை மிகத் துல்லியமாக, அதாவது ஒரு வினடியில் பத்து லட்சத்தில் ஒரு பங்குத் துல்லியமாக அளக்கக்கூடிய ஒரு கருவி தேவை. இத்தகைய கருவி எதிர் மின் கதிர்க்குழாய் (cathode ray tube) ஆகும். இதைப்பற்றிப் பின்னர் விரிவாகக் கூறப்படும்.

ராடார் பரப்பியிலிருந்து துடிப்புப் பொருளைச் சென்றடைய ஆகும் நேரம், பொருளிலிருந்து துடிப்பு எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியை வந்தடைய ஆகும் நேரத்திற்குச் சமமாகும். அதாவது பொருளில் துடிப்பு திரும்பப்படுவதற்காகும் நேரம் சுழியாகும். எனவே, பொருளிலிருந்து துடிப்பு ஏற்பியை வந்தடைய ஆகும் நேரமானது, பரப்பியிலிருந்து துடிப்பு புறப்பட்டுத் திரும்பவும் அதை வந்து அடைவதற்காகும் நேரத்தில் பாதியாகும். எனவே, ஒரு துடிப்பு புறப்பட்டு t மைக்ரோ வினடிகளுக்குப் பிறகு திரும்பவும் புறப்பட்ட இடத்தை வந்தடைந்தால் பரப்பியிலிருந்து பொருளின் தூரம் $\frac{328 \times t}{2}$ என்ற சமன்பாட்டினல் பெறப்படுகின்றது.

அதாவது,

$$\text{தூரம் கெஜத்தில்} = \frac{328 \times \text{கால இடைவெளி (மைக்ரோ வினடி)}}{2}$$

மின்காந்த அலைகளைத் தொடர்ந்து அனுப்பிக்கொண்டேயிருந்தால் இலக்கில், உதாரணமாக ஒரு விமானத்தில், பட்டுத் திரும்பிவரும் அலைகளும் தொடர்ச்சியாக வந்துகொண்டே இருக்கும். அப்போது எந்தக் கணத்திலனுப்பிய அலையை நாம் எப்பொழுது திரும்பப் பெறுகிரேமென்பது புரியாமற்போய் விடும். உதாரணமாக ஒரு குளத்தின் கரையில் நின்று கொண்டு நாம் தொடர்ச்சியாக ஒலியை எழுப்பிக் கொண்டேயிருந்தால் எதி

ரொலியும் தொடர்ச்சியாகக் கேட்டுக்கொண்டே இருக்கும். நாம் எந்த நேரத்தில் சொன்ன ஒலி எப்பொழுது திரும்பி வருகிறது என்பது புரியாது. ஆனால், ஒருமுறை ஒலி எழுப்பிவிட்டு அதன் எதிரொலி வரும்வரை பேசாமலிருந்தால் இந்தத் தொல்லை இருக்காது. இதைப்போலவே ராடாரிலும் ஒரு துடிப்பு அனுப்பப் படுகிறது. சற்று நேர ஓய்வு கொடுத்து மீண்டும் ஒரு துடிப்பு அனுப்பப்படுகிறது. இவ்வாறு விட்டு விட்டு அலைகள் அனுப்பப் படுகின்றன. இந்த ஓய்வு நேரத்தின் கால வரையறை நாம் எவ்வளவு தூரம்வரை துருவிப் பார்க்க விரும்புகிறோம் என்பதனைப் பொறுத்து அமைகிறது. காட்டாக 15 மைல் தொலைவிற்கு உள்ளே வரும் விமானங்களைமட்டும் கண்டுபிடிக்க விரும்பினால், அந்த 15 மைல் சென்று மீள்வதற்கு மின்காந்த அலைகளுக்கு எவ்வளவு ஓய்வு நேரமாகுமோ அதைவிடச் சிறிது கூடுதலான நேரமே இந்த ஓய்வு நேரமாகும். இவ்வகையில் வேலை செய்யும் ராடாருக்குத் துடிப்பு ராடார் (pulse radar) என்று பெயர்.

ஒரு வினாடியில் துடிப்பு எத்தனை தடவை திருப்பப்படுகிறதோ அல்லது ஒரு வினாடியில் எத்தனை துடிப்புகள் நிகழ்கின்றனவோ அந்த எண்ணிக்கைக்குத் துடிப்புத் திருப்ப எண் (pulse repetition rate) என்று பெயர். துடிப்பு நிகழ்கின்ற நேரத்திற்குத் துடிப்பு நேரம் (pulse time) என்று பெயர். துடிப்புநேரம், துடிப்புத் திருப்ப எண், ரேடியோ அடுக்கம், எதிரொளிக்கப்பட்ட துடிப்பு ஆகியவை வெவ்வேறு ராடார்களுக்கு வெவ்வேறு நிலையில் பரவலாக மாறுபடுகின்றன.

உதாரணமாக, துடிப்பு நேரம் = 2 மைக்ரோ வினாடிகள்

துடிப்புத் திருப்ப எண் = 500 துடிப்புகள்/வினாடி

ரேடியோ அடுக்கம் = 600 மெகா. சைக்கிள்கள் / வினாடி

அலை நீளம் = 50 செ. மீ.

விமானத்தின் தூரம் = 32,800 கெஜங்கள்

(1) பரப்பி ஓய்விலிருக்கும் நேரம் துடிப்பு நேரத்துடன் ஒப்பிடும்போது மிக அதிகமாகும்.

துடிப்பு நேரம் = 2 மைக்ரோ வினாடிகள்

துடிப்புத் திருப்ப எண் = 500 துடிப்புகள் / வினாடி

ஒரு துடிப்புக்கும் மறுதுடிப்புக்கும் ஆகும் நேரம் (pulse time period) $\Big\}$ $= \frac{1}{500}$ விநாடி அல்லது 2000 மைக்ரோ விநாடி.

ஆகவே, பரப்பி ஓய்விலிருக்கும் நேரம் $\Big\}$ = 2000 மைக்ரோ விநாடி —2 மைக்ரோ விநாடி.

= 1998 மைக்ரோ விநாடிகள்.

ஆகவே, பரப்பி ஓய்விலிருக்கும் நேரம் துடிப்பு நேரத்துடன் ஒப்பிடும்போது மிக அதிகம் என்பது புலனாகிறது. பரப்பியிலிருந்து விமானத்தின் தூரம் (கெஜங்களில்)

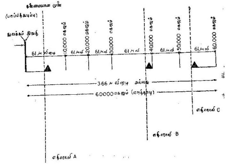
$= 164 \times t$ (மைக்ரோ விநாடிகளில்) என்று பார்த்தோம்.

இந்த அடிப்படையில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் திரையில் தூரங்கள் அளவிடு' செய்யப்படுகின்றன. அவைகளைப்பற்றி இப்போது விரிவாகப் பார்ப்போம். துடிப்பு 164 கெஜ தூரம் சென்று மீண்டுவர ஒரு மைக்ரோ விநாடி ஆகுமென்று பார்த்தோம். அப்படியானால் 1000 கெஜ தூரம் சென்று மீண்டுவர ஆகும் நேரம் $\frac{1000}{164} = 6{\cdot}1$ மைக்ரோ விநாடிகளாகும். அதாவது 6·1 மைக்ரோ விநாடிகள் என்பது வானவெளியில் 1000 கெஜத்திற்குச் சமமாகும்.

எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் நேர்க்கோட்டுக் காலவடி பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏறக்குறைய இந்த முறையில்தான் ராடார் சாதனத்திலும் நேரத்தை அளக்கிறோம். எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் ஓர் எலெக்ட்ரான் கற்றையை உண்டாக்கி அதனை ஓர் ஒளிர் திரையில் குவியச் செய்கிறோம். அதனால் திரையின்மீது ஓர் ஒளிப்பொட்டு தோன்றுகிறது. பொட்டைத் திரையின் இடக் கோடியில் வைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். X தகடுகளுள் ஒன்றுக்கு நேர்மின் அழுத்தம் கொடுத்துப் பொட்டினை வலப்புறமாக நகர்த்தமுடியும். Y தகடுகளுள் ஒன்றுக்கு நேர்மின்னழுத்தம் கொடுத்து ஒளிப்பொட்டினை மேலும் கீழுமாக நகர்த்த முடியும்.

காட்டாக, எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் திரையின் விட்டம் 6 அங்குலம் எனக் கொள்வோம். ஒளிப்பொட்டு திரையின் இடக் கோடியிலிருந்து கிளம்பி 6 அங்குல தூரம் நகர்ந்து வலக்

கோடியை 366 மைக்ரோ விநாடிகளில் அடைவதாகக் கொள் வோம். படம் 13.1 லிருந்து எதிரியின் கதிர்க்குழாயின் 6 அங்குலத் திரை வான வெளியில் $366 \times 164 = 60,000$ கெஜங்களுக்கு ஒப்பாகும் என்பது புலனாகிறது. முழு நேர்க் கோட்டுக் காலவடியையும் சமதூரமுள்ள பகுதிகளாகப் பிரித்து



படம் 13.1

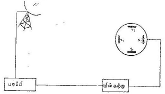
எதிரியின் கதிர்க்குழாயின் ஒளிர்திரை அளவீடு

அதை ஒவ்வொரு பகுதியும் வானவெளியில் 10,000 கெஜங்களுக்கு ஒப்பானதாக அளவீடு செய்யலாம். பிறகு திரையில் ஒவ்வொரு பகுதியும் 61 மைக்ரோ விநாடிகளுக்கு ஒப்பாகும். அதாவது திரையில் ஓர் அங்குல நீளம், 61 மைக்ரோ விநாடிகளுக்கு அல்லது வானவெளியில் 10,000 கெஜங்களுக்குச் சமமாகும்.

படம் 13.1ல் *A*, *B*, *C* என்ற திருப்பப்பட்ட ஒளிப்பொட்டுகள் நேர்க்கோட்டுக் காலவடியில் 6000, 38000, 52000 கெஜங் களில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒளித்திருப்பத்தின் உயரம் பொருள்களின் தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கக் குறைவது கவனிக்கத் தக்கது. இது *B*, *C* என்ற பொருள்களின் ஒளித்திருப்பப் பரப்பு ஒரே மாதிரி அமையும்போது நிகழக்கூடிய ஒன்றாகும். காட்டாக *A* என்ற பொருள் மிகச் சிறியதாகவும், *B* என்ற பொருள் மிகப்

பெரியதாகவும் இருக்குமானால் A, B என்ற பொருள்களின் ஒளித்திருப்பங்கள் ஏறக்குறைய ஒரே அளவிலும் அமையக் கூடும்.

ராடாரில் உண்டுபண்ணப்படும் ரேடியோ அலைகள் சிறுசிறு துடிப்புகளாக ஏரியல்வழியே வெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன. ஒரு துடிப்பு ஏரியல்வழியே அனுப்பப்படும். அதே வேளையில் மற்றொரு துடிப்பு எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் X_2 தகட்டிற்குச் சீராக அதிகரிக்கும். நேர்மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கும் மின் சுற்றிற்கு அனுப்பப்படுகிறது. இந்தத் துடிப்பு வந்தவுடனே மின்



படம் 13.2

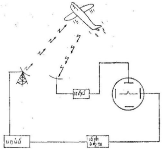
பரப்பியிலிருந்து துடிப்பு வெளியேறுதல்

சுற்று வேலை செய்யத் தொடங்கும். X_2 தகட்டின் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும். எனவே, பொட்டு வலப்புறம் நகரும். எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாயும், ரேடியோ அலைத் துடிப்புகளை உண்டாக்கிப் பரப்பும் கருவியும் அருகருகே உள்ளதால் ரேடியோ அலைத் துடிப்பு அனுப்பப்பட்ட அதே கணத்திலேயே X_2 தகட்டிற்கு மின்னழுத்தம் கொடுக்கும். மின்சுற்று வேலை செய்யத் தொடங்கும் (படம் 13·2).

வான் கம்பி வழியே வெளியே சென்ற ரேடியோ அலை தன் பாதையில் விமானம் போன்ற ஏதேனும் ஒரு பொருள் எதிர்ப் பட்டால் அதில் பட்டுத் திரும்பி வரும். இவ்வாறு திரும்பி வரும் அலையை ஏற்பியின் ஏரியல் ஏற்று அதனை Y_2 தகட்டிற்கு அனுப்பும் (படம் 13·3).

எனவே, திரையில் ஒளிப்பொட்டு மேனோக்கி நகரும்: ஆனால், இந்தத் துடிப்பு சில மைக்ரோ வினாடிகள் நேரமே நிகழ்வதால்

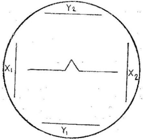
மேனேக்கி நகர்ந்த பொட்டு மீண்டும் பழைய உயரத்திற்கே வந்து வலப்புறமாக நகரும். இதனல் ஒரு கோடாகத் தெரியும் ஒளிப்



படம் 13·3

எதிரொளிக்கப்பட்ட துடிப்பு Y தகட்டை யடைதல்

பொட்டின் பாதையில் ஒரு கொக்கி உண்டானதுபோல் நமக்குத்



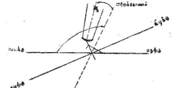
படம் 13·4

ஒளிப்பொட்டில் கொக்கி

தெரியும் (படம் 13·4). கொக்கி உண்டான தூரத்திலிருந்து விமானத்தின் தூரத்தை உடனே

காட்டாகப் பழைய எடுத்துக்காட்டில் திரையின் விட்டம் 6 அங்குலம். X_2 தகட்டின் மின்னழுத்தம் 366 மைக்ரோ வினாடிகளில் உச்ச கட்டத்தை அடைகிறது. அதாவது ஆறு அங்குல தூரம் 366 மைக்ரோ வினாடிகளைக் குறிக்கும். ஒளிக் கொக்கி 3 அங்குல தூரத்தில் உண்டானால் நேரம் 183 மைக்ரோ வினாடிகள். நேரம் 6·1 மைக்ரோ வினாடிகளானால் பொருளின் தூரம் 1000 கெஜங்கள் எனப் பார்த்தோம். எனவே, நேரம் 183 மைக்ரோ வினாடிகளானால் தூரம் $\frac{183}{6 \cdot 1} \times 1000 = 30{,}000$ கெஜங்கள் ஆகும். இவ்வாறு தூரம் கணக்கிடப்படுகிறது.

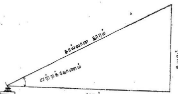
மேலே கூறப்பட்டவற்றிலிருந்து ராடாருக்கும் விமானத்திற்கு மிடையேயுள்ள குறுகிய தூரத்தை அதாவது, சாய்வான தூரத்தைத்தான் தெரிந்துகொள்ள முடியுமே தவிர, கிடைமட்டத்தில் தூரத்தையோ அல்லது தரையிலிருந்து விமானத்தின் உயரத்தையோ தெரிந்துகொள்ள முடியாது. ஆனால், ஏரியலின் ஏற்றக் கோணத்தை அளந்துகொண்டால் இவ் விரண்டையும் கணக்கிடலாம்.



படம் 13·5
ஏற்றக் கோணம்

ராடாரைப்பற்றி முழுவதும் அறிந்துகொள்ளத் துடிப்புச் சுற்றுகள் என்பனவற்றைப்பற்றி அறிந்து கொள்வது அவசியம். இவற்றைப்பற்றி இனிவரும் அத்தியாயங்களில் காணலாம். ராடாரைப்பற்றி வேறு ஓர் உண்மையும் கவனிக்கத் தக்கது. விமானத்தின் ஏற்றக்கோணத்தைத் துல்லியமாகத் தெரிந்து கொள்வதற்கு வெளியே அனுப்பப்படும் துடிப்புகள் மிகக் குறுகிய வையாக இருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் ஏரியலைச் சுழற்றித் துடிப்புகளை ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் அனுப்பவோ, ஒரு

குறிப்பிட்ட திசைகளில் இருந்து வரும் துடிப்புகளை ஏற்பியின் ஏரியலில் பெறவோ முடியும். மேலும் துடிப்புகளை வெளியே அனுப்பும் கருவியின் அச்சில் விமானம் அமையும்பொழுதுதான் விமானத்தின்மீது மிக அதிக அளவு ஆற்றல் படமுடிகிறது. அந்த நிலையில்தான் விமானமும் அதிக அளவு ஆற்றலைத் திருப்பி



படம் 13.6
ஏற்றம்

அனுப்புகிறது. அதாவது மிக அதிக அளவு ஆற்றலை வெளியே அனுப்பவும் மிக அதிக அளவு ஆற்றலைத் திருப்பி வாங்கவும் வேண்டிய நிலைகள் ஒரே மாதிரியானவையாகும்.

ராடார் அலைகள் மிகக் குறுகியவையாக இருத்தல் வேண்டும் என்று கூறினோம். அலைகள் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறுகியவையாக இருக்கின்றனவோ, அவ்வளவுக் கவ்வளவு ஆற்றல் குவிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, அதிக அளவு ஆற்றல் விமானத்தின்மேல் விழுகின்றது. எனவே, திருப்பி அனுப்பப்படும் ஆற்றலும் அதிகமாகின்றது. பல விமானங்கள் நெருங்கி வரும் பொழுது அவற்றைத் தனித்தனியே காண்பதும் சாத்தியமாகிறது. ஆகவே, குறுகிய கற்றைகளில் சென்டி மீட்டர் அலைகளே (centimeter waves) பயன்படுகின்றன. எனவே, துருவிப் பார்க்கக்கூடிய தூரமும் குறைவாகவே இருக்கின்றது. அதிக தொலைவு பார்க்க வேண்டுமானால் துல்லியமாகப் பார்க்க முடிவதில்லை. தொலைதூர ராடார்கள் 100 லிருந்து 1000 மெகா சைக்கிள்கள்/வினாடி வரை பயன்படுத்துகின்றன. இவற்றின் கற்றைகள் மிக அகலமாக இருப்பதால் அவை அவ்வளவு துல்லியமாகப் பொருள்களைக் காட்டுவதில்லை. துல்லியமாகப் பொருள்களை அறிய வேண்டுமானால் குறுகிய கற்றைகளையே பயன்படுத்த வேண்டும்.

வினாக்கள்

1. ராடார் (RADAR) என்ற வார்த்தை Radio Detection and Ranging என்ற ஆங்கில வார்த்தையிலிருந்து பெறப்படு கிறது. Detection, Ranging என்பனவற்றைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?

2. ஒரு ராடார் அதைச் சுற்றியுள்ள பொருள்களைப் படம் பிடித்துக் காட்டுகிறது. இது எவ்வாறு நமக்கு அளிக்கப் படுகிறது என்பதை விவரி.

3. மின்காந்த அலைகளைப் பயன்படுத்தி மேகம், மூடுபனி ஆகியவற்றின்வழியே பார்க்க முடியும். இந்தக் கருத்தை ஆராய்க.

4. ராடார் அலைகள் ஒரு வினாடிக்கு 1,86,300 மைல்கள் செல்லுகின்றன. இதை ராடாரில் எப்படிப் பயன்படுத்த முடிகிறது ?

5. ராடார் அலைகள் பொருள்களால் எதிரொளிக்கப்படு கின்றன. இந்தக் கொள்கையில் ஏன் இடையூறு இல்லை ?

6. இயற்கையின் ராடாராகிய வௌவால் எப்படித் தன் வழியைக் கண்டறிகிறது என்பதை விளக்குக.

7. 'நிலையான பொருள்களின் இருப்பிடத்தை அறிய ஸோனரைப் பயன்படுத்த முடியும். அதிவேகமாக வருகின்ற பொருள்களை அறிய ஸோனர் பயன் படாது'. ஏன் ?

8. ராடாரின் தத்துவத்தை எளிய முறையில் விளக்குக.

9. துடிப்பு ராடார், துடிப்பு நேரம், துடிப்புத் திருப்ப எண் ஆகியவற்றை விளக்குக.

10. ராடார் அமைப்பில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் பங்கை விவரி.

11. நேர்க்கோட்டுக் காலவடி என்பதைப்பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.

12. சாதாரண ரேடியோ அலைகளுக்கும், ராடார் அலைகளுக்குமுள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?

13. ராடார் துடிப்புகள் சந்திரனை (moon) ஒளியின் வேகத்தில் சென்றடைகின்றன. பரப்பியிலிருந்து செலுத்தப்படும் ஆற்றல் தேவையான அளவு இருப்பதாகக் கொண்டு ராடார் துடிப்புகள் சந்திரனுக்குச் சென்று மீண்டுவர ஆகும் நேரத்தைக் கணக்கிடு.

14. எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்

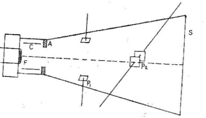
(Cathode Ray Oscillograph)

எல்லாத் தனிமங்களிலும் அடிப்படைத் துகள்களில் ஒன்றுன எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன என்று முன்னர்ப் பார்த்தோம். இந்த எலெக்ட்ரான்கள் நிறையில் மிகமிகக் குறைந்தவை. எனவே, இவற்றை அதிவேகமாகச் செலுத்தமுடியும். இவை ஏறக்குறைய ஒளியின் வேகத்தில் $\frac{1}{10}$ பங்கு வேகத்துடன் செல்லுகின்றன என்றும் கூறினேம். இந்த எலெக்ட்ரான்கள் எதிர் மின்னூட்டம் உடையவை. எனவே, மின்புலம் (electric field), காந்தப்புலம் (magnetic field) ஆகியவற்ருல் விலக்கப்படுகின்றன. இந்தத் தத்துவங்கள் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயில் பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளன.

முதல் எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் 1897-ல் ப்ரான் (Brawn) என்ற விஞ்ஞானியால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது ப்ரான் குழாய் (Brawn tube) என்று அழைக்கப்பட்டது. இது அமைப்பில் J. J. தாம்ஸன் என்ற விஞ்ஞானியால் எலெக்ட்ரான்களின் e/m தகவைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு அமைக்கப்பட்ட மின்னிறக்கக் குழாயை ஒத்திருந்தது. எதிர்மின்வாயில் வெளியிடப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு குறுகிய கற்றையாகக் குவிக்கப்பட்டு அதிவேகத்தில் சென்று குழாயின் அடுத்த முனையிலுள்ள ஓர் ஒளிர்விடும் திரையில் (fluorescent screen) மோதுகின்றன. மின் குழாய்க்குள் இரு உலோகத் தகடுகளைச் சரியான முறையில் அமைத்து அவற்றிற்கு அதிக மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து எலெக்ட்ரான்களின் பாதைக்குச் செங்குத்தான திசையில் ஒரு மின்புலத்தை உருவாக்க முடிந்தது. இந்த மின்புலம் எலெக்ட்ரான்களை அதன் இயல்பான பாதையினின்றும் விலக்கும். இந்த விலக்கத்தைத் திரையில் காணலாம். மின்புலம் அலைவுத்தன்மை (oscillatory) உடையதாக இருந்தால் இந்த எலெக்ட்ரான்களும்

மேலும் கீழுமாக அலைவுறும். அவ்வாறு அலைவுறும்பொழுது அவை ஒரு நேர்க்கோட்டை வருவிக்கும். இந்தக் குழாய் நல்ல முறையில் வேலை செய்வதற்கு மிக அதிக மின்னழுத்தம் தேவைப் பட்டதால் நாளடைவில் இது கைவிடப்பட்டது.

நவீன எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் படம் 14.1ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இதில் காரமண் உலோகம் (alkaline earth) பூசப்பட்ட ஒரு டங்ஸ்டன் ஃபிலமென்ட் சூடாக்கப்பட்டு எலெக்ட் ரான்களை வெளிவிடுகிறது. ஃபிலமென்ட் எதிர்மின்வாயாகவும் செயல்படுகிறது. ஃபிலமென்ட்டுக்கு அருகே நடுவில் துவார முடைய ஒரு வட்ட அமைப்பில் தகடு ஒன்று நேர்மின்வாயாகச் செயல்படுகிறது. இந்த நேர்மின்வாய்க்கு 500 வோல்ட்டுகள் முதல் 2,000 வோல்ட்டுகள்வரை மின்னழுத்தம் கொடுக்கப் படுகின்றது. படத்தில் F என்பது ஃபிலமென்டையும், A என்பது

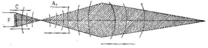


படம் 14.1
எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்

நேர்மின்வாயையும் குறிக்கின்றன. நேர்மின்வாயை ஒட்டிச் செல்லுகின்ற குறுகிய எலெக்ட்ரான் கற்றை அதிக வேகத்தில் சென்று S என்ற திரையில் மோதி அதில் ஒளி மிகுந்த புள்ளியை உண்டாக்குகிறது. எலெக்ட்ரான்களின் பாதையில் P_1, P_2 என்ற இரு இரட்டைத் தகடுகளையோ (two pairs of plates) அல்லது இரு மின்காந்தச் சுருள்களையோ வைத்து, அவற்றில் புலங்களை உண்டாக்கி, எலெக்ட்ரான்களை அவற்றின் இயல்பான பாதை யினின்றும் விலக்கலாம். எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் ஓர் அதி உணர்வுடைய கருவி (very sensitive arrangement) ஆகும். அதை உபயோகித்து மிகமிகக் குறைந்த அளவில் நிகழ்கின்ற

நிகழ்ச்சியைக்கூட அளக்கலாம். எலெக்ட்ரான் கற்றை நிகழ்ச்சியை எந்தவித மாற்றமும் இன்றி அப்படியே படம்பிடித்துக் காட்டுகிறது.

எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் கீழ்க்கண்ட நுட்பங்களைக் கவனித்தல் வேண்டும். ஃபிலமென்டிலிருந்து வெளிப்படுகின்ற எலெக்ட்ரான்களை மிக நுண்ணிய கற்றைகளாகக் குவித்தல்வேண்டும். ஓரளவிற்கு இந்தக் குவிதலைப் படத்தில் C என்று குறியிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள வேனல்ட் உருளை (wehnelt-cylinder) செய்கிறது. இந்த உருளைக்கு எதிர் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதால் அது எலெக்ட்ரான்களை, அவை ஃபிலமென்டை விட்டு வெளியேறியவுடன் குழாயின் அச்சை நோக்கி விலக்கித் தள்ளுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்னூட்டம் உடையவையானதால் அவற்றுக்கிடையே உள்ள விசையினால் விலகிச் செல்லவே முயலும். எனவே, மின்நிலைக் குவி முறையில்



படம் 14.2
எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி

(electrostatic focusing system) இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மேலும் குவிக்கப்படுகின்றன. இந்த முறையில் நடுவில் துவாரமுடைய ஒரு வட்டத் தகட்டு நேர்மின்வாய்க்குப் பதிலாக, தொடர்ச்சியாகப் பல நேர்மின்வாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றின் மின்னழுத்தமும் எலெக்ட்ரான்களைத் தொடர்ந்து குவிக்கின்ற முறையில் அதிகரித்துக்கொண்டே செல்கிறது. சாதாரணமாக இத்தகைய நேர்மின்வாய்கள் இரண்டு அல்லது மூன்று இருக்கும். ஃபிலமென்ட் நேர்மின்வாய்கள் சேர்ந்த அமைப்பிற்கு எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி (electron gun) என்று பெயர். இதன் அமைப்பு, படம் 14.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எலெக்ட்ரான் கற்றையை ஒரு காந்தப்புலத்தைக் கொண்டும் அதன் பாதையிலிருந்து விலக்கலாம். இந்த அமைப்பில் இரு இரட்டைக் கம்பிச் சுருள்கள் (two pairs of coils) மின்குழாய்க்கு வெளியே வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த முறைக்குக் காந்தக்

குவித்தல் முறை (magnetic focusing) என்று பெயர். இந்த முறை மின்நிலை முறையைவிடச் சிறந்தது. ஏனெனில், எலெக்ட்ரான் கற்றையை மிக நுண்ணியதாகவும், குறிப்பாகத் திரையின் கோட்டியில் செம்மையான முறையிலும் காந்தப்புலத்தைச் சரிப்படுத்தி எலெக்ட்ரான்களைக் குவிக்கலாம். இந்தக் காரணங்களால் மின்நிலைக் குவித்தல் முறையைவிடக் காந்தக் குவித்தல் முறையே தற்காலத்தில் உபயோகத்தில் இருந்து வருகிறது.

எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பக்கவாட்டிலோ அல்லது மேலும் கீழுமோ விலக்குவதற்கு இரு இரட்டைத் தகடுகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன என்று பார்த்தோம். எலெக்ட்ரான் கற்றையை எந்தத் தளத்தில் (plane) விலக்குகின்றனவோ அந்தத் தளத்தின் பெயரால் அந்தத் தகடுகள் அழைக்கப்படுகின்றன. கிடைமட்டத்தில் விலக்கும் தகடுகள் கிடைமட்டத் தகடுகள் (horizontal plates) அல்லது X-தகடுகள் எனவும், செங்குத்துத் தளத்தில் விலக்கும் தகடுகள் செங்குத்துத் தகடுகள் (vertical plates) அல்லது Y-தகடுகள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் கிடைமட்டத் தகடுகள் செங்குத்தாகவும், செங்குத்துத் தகடுகள் கிடைமட்டத்திலும் அமைந்துள்ளன. இரு இரட்டைத் தகடுகளும் உண்டாக்குகின்ற விலக்கங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசையிலிருக்கும். இந்தத் தகடுகளின் இருப்பிடம் குழாயின் நுண்ணுணர்வைப் பாதிக்கும். எவ்வளவுக் கெவ்வளவு தகடுகள் எலெக்ட்ரான் கற்றைக்கு அருகிலிருக்கின்றனவோ, அவ்வளவுக் கவ்வளவு கற்றையின் விலக்கம் அதிகரிக்கும். எனவேதான் இத் தகடுகள் குழாயினுள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இத் தகைய விலக்கத்திற்கு மின்நிலை விலக்கம் என்று பெயர்.

மேலே கூறப்பட்ட விலக்கங்களை இரு இரட்டை மின்சுருள்களைக் கொண்டு காந்தப்புலன்களை உருவாக்கியும் பெறலாம். இந்த அமைப்பிற்குக் காந்தக் குவித்தல் முறை என்று பெயர். இந்த அமைப்பில் கம்பிச் சுருள்கள் எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாய்க்கு வெளிப்புறத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். சுருள்கள் குழாயின் அச்சிலிருந்து சமதூரத்தில் இருக்கும். எலெக்ட்ரான் கற்றையின் விலக்கம், காந்தப் புலன்களின் வலிமையைப் பொறுத்துள்ளதால் புலன்கள் ஒரே சீராக இருத்தல்வேண்டும்.

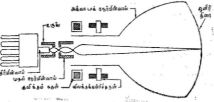
எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் ஏறக்குறைய ஒரு கூருருளை (cone) வடிவத்தில் அமைந்துள்ளது. அதன் அகன்ற முனையில் ஓர் ஒளிர்விடும் திரையுள்ளது. குழாயின் நீளம், விட்டம் ஆகியவை தேவையான இடம், நுண்ணுணர்வு, ஒளிர்வு ஆகியவற்றைக்

கருத்தில் கொண்டு நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட விலக்கத்திற்கு எவ்வளவுக் கெவ்வளவு குழாயின் நீளம் அதிகமாக இருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு நுண்ணுணர்வும் அதிகமாகும். ஏனெனில் திரையில் இடமாற்றம், விலக்கத்தை உண்டு பண்ணும் தகடுகளுக்கும் திரைக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைப் பொறுத்துள்ளது. குழாயின் அமைப்பு கூருருளை வடிவத்தில் உள்ளதால் நீளம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கத் திரையின் விட்டமும் அதிகரிக்கும். திரையின் விட்டம் அதிகரித்தால் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தமும் அதிகமாகும். எனவே, நாம் மேலே கூறியபடி இடம், நுண்ணுணர்வு, ஒளிர்வு ஆகியவற்றைப் பொறுத்துக் குழாய் அமைக்கப்படுகிறது. உண்மையில் திரையில் எலெக்ட்ரான்கள் விட்டு விட்டே மோதுகின்றன. ஆனால், நம் கண்களில் இயற்கையாகவே உள்ள பார்வை நீடிப்பு (persistance of vision) என்ற தன்மையினால் எலெக்ட்ரான்கள் தொடர்ச்சியாக மோதிக் கொண்டே யிருப்பனபோல் தோன்றுகின்றன. இது ஒரு சாதாரண திரைப்படத்தில் ஏற்படும் நிகழ்ச்சியை ஒத்தது.

நம் கண்கள் சில வண்ணங்களைமட்டுமே மிக நன்முக உணரக் கூடிய தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. எனவே, திரையில் காணப்படும் ஒளிர்வு, புள்ளியின் வண்ணத்தைப் பொறுத்தது. ஒளிர்விடும் திரை வில்லிமைட் (willemite) அதாவது நாக ஆர்த்தோசிலிகேட் (zinc ortho silicate) என்ற பொருளால் பூசப்பட்டிருந்தால் பச்சை வண்ணமும் (green display), மக்னீசியம் ஃப்ளூரைடு (magnesium fluoride) என்ற பொருளால் பூசப்பட்டிருந்தால் ஆரஞ்சு வண்ணமும், நாக ஆக்ஸைடு (zinc oxide) என்ற பொருளால் பூசப்பட்டிருந்தால் நீலவண்ணமும், நாகபெரிலியம் சிலிகேட் (zinc beryllium silicate) என்ற பொருளால் பூசப்பட்டிருந்தால் மஞ்சள் வண்ணமும், நாக ஸல்பைடையும், காட்மியம் நாகஸல்பைடு அல்லது நாக பெரிலியம் சிலிகேட்டையும் கலந்து பூசினால் வெள்ளை வண்ணமும் கிடைக்கும்.

மேலே கூறப்பட்ட பொருள்கள் யாவும் எலெக்ட்ரான்கள் திரையில் மோதிய சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகும் ஒளிர்கின்றன. அவை ஒளிரும் நேரத்தை எதிர்மின் கதிர்க் குழாயைத் தயாரிக்கும் பொழுதே கட்டுப்படுத்தலாம். ஃப்ளூரைடு தடவப்பட்ட திரை நீண்ட நேரத்திற்கு ஒளிரும். எனவே, இத்தகைய திரைகள் நிலப்படத்தில் இடங்காட்டி (plan position indicator) அமைப்பில் பெரிதும் பயன்படுகிறது. எங்கெங்கு மாற்றங்கள் திரையில் நிகழுகின்றனவோ, அங்கெல்லாம் எலெக்ட்ரான்கள் திரையில் மோதிய பிறகு ஒளிரும் நேரம் குறைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

எலெக்ட்ரான்கள் ஒளிரும் திரையில், மோதும்போது உண்டாகும் ஒளிப்பொட்டின் பொலிவு (brightness) அங்கு வந்து சேரும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது. மேலும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் அதிகரித்தாலும் ஒளிப்பொட்டின் பொலிவு அதிகரிக்கும். ஆனால், இந்த முறை பொதுவாகப் பின் பற்றப்படுவதில்லை. பொதுவாக எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்



படம் 14.3
மின்காந்த வகை எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்

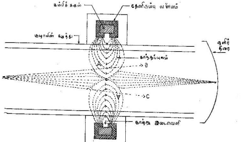
கையை மாற்றியே பொலிவும் மாற்றப்படுகிறது. C என்ற உருளையின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையை மாற்றலாம். இந்த உருளையின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றும் அமைப்பு, பொலிவு ஆட்சி (brightness contol) எனப்படும். படம் 14.3 ல் மின்காந்த வகை எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

இது அமைப்பில் மின்நிலை எதிர்மின் கதிர்க்குழாயைப் பல விதத்திலும் ஒத்தது. மின்காந்த வகைக் குழாய் மற்றதைவிட நீளத்தில் சற்றுக் குறைந்தது. ஆனால், குழாயின் கழுத்துப் பக்கத்தில் கம்பிச் சுருள்களை வைப்பதற்குத் தேவையான இடம் உள்ளது.

மின்காந்த வகைக் குழாயில் மின் நிலை வகைக் கதிர்க் குழாயைப்போலவே நேர்மின்வாய், உருளை, எதிர்மின்வாய் ஆகியவை உண்டு ஆனால், நேர்மின்வாய் ஒன்றே ஒன்றுதான். மின்நிலைக் கதிர்க்குழாயிலுள்ள இரண்டாவது நேர்மின்வாயின் எலெக்ட்ரான் ஒடுக்க வேலையை அக்வா டாக் (aqua dag) என்ற பூச்சு செய்கிறது. மின்காந்த வகைக் குழாய்க்கும், மின்நிலை வகைக் குழாய்க்கும் உள்ள முக்கியமான வேறுபாடுகளாவன :

(1) நேர்மின்வாய் எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்ப தில்லை. எலெக்ட்ரான்கள் குழாயின் கழுத்தைச் சுற்றியுள்ள கம்பிச் சுருளில் உண்டாகின்ற காந்தப் புலன்களால் குவிக்கப் படுகின்றன.

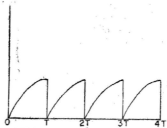
(2) நிலைமின் தகடுகளுக்குப் பதிலாகக் கம்பிச் சுருளில் உண்டாகும் காந்தப்புலன்கள் எலெக்ட்ரான் கற்றையை மேலும் கீழும் பக்கவாட்டிலும் விலக்குகின்றன. படம் 14.4 இவற்றை விளக்குகிறது.



படம் 14.4
காந்தப் புலன்களால் எலெக்ட்ரான்கள் விலக்கம்

எதிர்மின் கதிர்க்குழாயைப் பல்வேறு ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பயன்படுத்துகின்றனர். நமது வீட்டில் உபயோகப்படும் ஒரு வினாடிக்கு 50 சுற்று இரு திசை மின்னழுத்தத்தை P_1 தகடுகளுக்கு ஊட்டினால், திரையில் விழும் பொட்டு வினாடிக்கு 50 தடவை மேலும் கீழும் ஊசலாடும். இப்படி வினாடிக்கு 50 தடவை ஊசலாடுவதை நம் கண்கள் தனித்தனியே காண இயலாது. அது ஒரு செங்குத்தான கோடுபோலவே நமக்குத் தோன்றும். இரு திசை மின்னழுத்தத்தின் வடிவத்தைக் காணவேண்டு மென்றால் பொட்டு மேலும் கீழும் செல்கையில் அதைப் பக்க வாட்டிலும் இழுக்கவேண்டும். இதற்கு P_2 தகடுகளுக்குச் சீராக அதிகரிக்கும் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கவேண்டும். அப்போது அலைவடிவம் கிடைக்கும். P_1 தகடுகளை Y-தகடுகள் என்றும்

P_2 தகடுகளை X-தகடுகள் என்றும் கூறுவர். ஏனெனில் P_1 தகடுகள் எலெக்ட்ரான்களை Y திசையிலும், P_2 தகடுகள், எலெக்ட்ரான்களை X திசையிலும் இழுக்கின்றன. X தகட்டின் மின்னழுத்தம் அதிகரித்துக்கொண்டே போனால் பொட்டு வலப்புறமாகவே சென்று இறுதியில் திரைக்கு அப்பால் சென்றுவிடும். பொட்டு வலப்புறக் கோடிக்குச் சென்றதும் உடனே அது இடப்புறக் கோடிக்கு வரும்படி செய்யவேண்டும். இதற்கு X தகட்டின் மின்னழுத்தத்தைத் திடீரென்று சுழியாக்கிவிடவேண்டும். அதாவது XX தகடுகளுக்குப் படம் 14.5ல் காட்டியதுபோல்



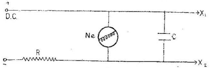
படம் 14.5

இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம்

மின்னழுத்தத்தைத் தரவேண்டும். இது வடிவத்தில் ஓர் இரம்பத்தின் பற்களைப்போல் இருப்பதால், இதற்கு இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் (saw-tooth voltage) என்று பெயர். அலை வடிவங்களை ஆராய்வதற்கு இத்தகைய மின்னழுத்தங்களையே X தகடுகளுக்குக் கொடுக்கவேண்டும். பொட்டு சீரான திசைவேகத்தில் நகர்வதால் இதற்கு 'நேர்க்கோட்டுக் காலவடி' (linear time base) என்று பெயர்.

இத்தகைய மின்னழுத்தத்தைப் படம் 14.6 ல் காட்டியபடி மின்சுற்றினால் பெறலாம். மின்சுற்றில் C என்பது ஒரு மின்தேக்கி; Ne என்பது ஒரு நியான் விளக்கு. இவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு திசை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தவுடன் மின்தேக்கி, R என்ற மின்தடையின்வழியே மின்னேற்றமடைகிறது. எனவே, அதன்

மின்னழுத்தம் சீராக உயருகிறது. மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் சுமார் 150 வோல்ட்டுகளானவுடன் மின்விளக்கு எரிகிறது. எனவே, மின்தேக்கியின் மின்னூட்டம் சுழியாகிறது. உடனே நியான் விளக்கு அணைந்து மின்தேக்கி மறுபடியும் மின்னூட்டம் அடைய ஆரம்பிக்கிறது. இது அடுத்தடுத்து நடைபெறுவதால்



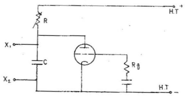
படம் 14.6

நேர்க்கோட்டுக் காலவடிச் சுற்று

மின்தேக்கியின் தகடுகள் இடையே மின்னழுத்தம் இரம்பப்பல் வடிவத்தில் உயர்ந்து சுழியாகி மறுபடியும் உயருகிறது. இது நடைபெறுகின்ற நேரம் மின்தேக்கி, மின்தடை ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனுக்கு (CRக்கு) நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. எதிர் மின் கதிர்க்குழாயில் இதை X தகடுகளுக்கும், ஆராயப்படும் அலைவடிவ மின்னழுத்தத்தை Y தகடுகளுக்கும் தரவேண்டும். அலைவடிவம் ஒளிர் திரையில் அசையாமல் இருப்பதற்கு இரு வித தகடுகளுக்கும் தரப்படும் மின்னழுத்தங்களின் அடுக்கங்கள் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். Cன் மதிப்பையோ Rன் மதிப்பையோ மாற்றி இரம்பப்பல் மின்னழுத்தத்தின் அடுக்கத்தை மாற்றலாம்.

ஒரு சீரிய 'நேர்க்கோட்டுக் காலவடி' (ideal linear time base) ஒரு தைரட்ரான் மின்குழாயினுல் உருவாக்கப்படுகிறது. தைரட்ரான் மின்குழாயில் கிரிடு, நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தை ஓர் அளவுவரையில்மட்டுமே கட்டுப்படுத்துகிறது. இதற்குமேல் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் உச்சகட்டத்தை அடைகிறது. பிறகு கிரிடு நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தை மறுபடியும் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஓர் உயர் மின்தடை Rம், ஒரு மின்தேக்கி Cம் ஓர் உயர் மின்னழுத்த இயற்றியுடன் (HT supply) படம் 14.7 ல் காட்டியபடி தொடர் இணைப்புமுறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு இடையே தோன்றும் மின்னழுத்தம் தைரட்ரான் மின்குழாயின் நேர்மின்வாய், எதிர்மின்வாய் இவற்றிற்கிடையே செலுத்தப்படுகிறது. கிரிடுக்குத் தேவையான எதிர்மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கவேண்டும். உயர் மின்னழுத்த இயற்றியை இணைக்கும்பொழுது மின்தடைவழியே ஒரு மின்னோட்டம்

நிகழ்ந்து, மின்தேக்கி மின்னூட்டம் பெறுகிறது. எனவே, அதன் தகடுகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்தம் உருவாகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை அடைந்தவுடன்

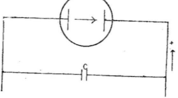


படம் **14.7**
தைரட்ரான் நேர்க்கோட்டுக் காலவடி

மின் தேக்கியில் மின்னிறக்கம் நிகழ்கின்றது. எனவே, நேர் மின்வாய் மின்னோட்டம் விரைவாக அதிகரிக்கின்றது. ஏனெனில், நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தின்மேல் கிரிடு தனது கட்டுப் பாட்டை இழந்துவிடுகிறது. இதற்குள் மின்னோட்டம் உச்ச நிலையை அடையவே மின்தேக்கி மறுபடியும் மின்னூட்டம் பெற்று நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தின்மேல் தனது ஆட்சியைத் திரும்பப் பெற்றுவிடுகிறது. இது திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கிறது. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் நேர்க் கோட்டுக் காலவடியின் அடிப்படையில் உயருகிறது; மறுபடியும் சுழியாகி மறுபடியும் உயருகிறது. இதன் கால மின்னழுத்த வளைகோடு (time voltage curve) இரம்பப்பல் வடிவத்தில் அமைகிறது. இந்த இரம்பப்பல் மின்னழுத்தத்தின் அடுக்கம் CR பெருக்கற்பலனைப் பொறுத்திருக்கும். C யை நிலையாக வைத்துக்கொண்டு R ன் மதிப்பை மாற்றி CR ன் தகுந்த மதிப்பு களைப் பெறலாம் இந்த இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் X தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது.

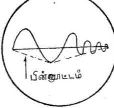
எதிர்மின் கதிர்க் குழாயை அலைவடிவங்களை ஆராயவும் அடுக்கங்களைக் கண்டுபிடிக்கவும் ரேடியோ, ராடார் இவற்றின் பரப்பி, ஏற்பிகளைச் சோதிக்கவும் வளிமண்டலத்தின் அடுக்குகளை ஆராயவும் உபயோகிக்கலாம். இத்துடன் ராடார், தொலைக் காட்சிக் கருவிகளில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் மிக முக்கிய அங்கம் வகிக்கிறது.

படம் 14.6 ல் காட்டப்பட்ட காலவடிச் சுற்றைப்பற்றி மேலும் சிறிது பார்ப்போம். இந்தச் சுற்றில் உண்டாகின்ற மின்னழுத்தம் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் X தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இது படம் 14.8 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 14.8
எதிர்மின் கதிர்க்குழாயும் நேர்க்கோட்டுக் காலவடியும்

தொடக்கத்தில் ஒளிப்பொட்டு திரையின் இடப் பக்கத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். மின்தேக்கி மின்னூட்டம் பெறும் பொழுது ஒளிப்பொட்டு வலப்புறமாக நகரும்; மின்தேக்கி



படம் 14·9
கால அளவு கோல்

மின்னிறக்கம் அடையும்பொழுது ஒளிப்பொட்டு வெகு விரைவாக இடப் பக்கத்தை நோக்கிப் பறந்து செல்லும்; மின் தேக்கியின் களுக்கிடையே யுள்ள மின்னழுத்தம் சிதறிவிடும் என்றெல்

லாம் முன்பு பார்த்தோம். மின்னழுத்தம் சம அளவில் மாறுபடும் பொழுது ஒளிப்பொட்டு சமதூரங்கள் நகரும். ஆகவே, தொடக்கத்தில் மின்னழுத்தம் விரைவாகவும், பிறகு மிக மெது வாகவும் மாறுபடுவதால், கால அளவு கோல் படம் 14.9 ல் காட்டியபடி தோன்றும்.

சரியான நெடுக்கையைப் (perfect linearity) பெறுவதற்கு மின்தேக்கி மின்னழுத்தம் Vc காலத்துடன் நேர்க்கோட்டு முறையில் அதிகரிக்கவேண்டும். அதாவது,

$$\frac{d\,Vc}{dt} = \text{மாறிலி } K.$$

ஆனால், $V=Q/c$. எனவே, நேரத்துடன் மின்னூட்டம் மாறு படுகின்ற தகவு மாறிலி ஆகிறது.

$$\frac{d\,(Q)}{dt\,(c)} = K = \frac{dVc}{dt}$$

ஆனால், மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் C ஒரு மாறிலியாகும். ஆகவே,

$$\frac{d\,(Q)}{dt\,(c)} = \frac{1}{c} \cdot \frac{dQ}{dt} = K.$$

$$\therefore\; K = \frac{1}{c}\; ic.$$

இங்கு ic என்பது மின்தேக்கியின் மின்னூட்ட மின்னோட்டம் ஆகும். இவ்வாறு Vc-யை ஒரு நெடுக்கையாக மாற்றுவதற்கு மின்னூட்ட மின்னோட்டம் ஒரு மாறிலியாக இருக்கவேண்டும். எக்ஸ்பொனென்ஷியல் காலவடியின் மின்தடையான R ஐ ஒரு ஒரு தெவிட்டிய டயோடு அல்லது ஒரு மின்னழுத்த பென்டோடு போன்ற ஒரு நிலையான மின்னோட்டக் கருவியால் அப்புறப்படுத்த வேண்டும். இதைப்பற்றி விரிவாக வேறொரு பகுதியில் கூறப் படும்.

காலவடிச் சுற்றுகள் குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைகளுக்குத் தகுந்தாற் போல் தொலை இயக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகளாகவோ, தாமே இயங்கும் இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகளாகவோ பயன்படு கின்றன. தொலை இயக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகள் ஓர் இயைபுப் பொருத்தத் துடிப்பினுல் தொடக்கி வைக்கப்படுகின்றன. எனவே,

திரையில் ஒளிப்பொட்டின் அசைவானது துடிப்பு இயற்றியின் அடுக்கத்தோடு ஒத்து இருக்கிறது. இது ராடார், தொலைக் காட்சி (television) ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது. இது ராடார், தாமே வியங்கும் அலைவியற்றிகள் உண்டுபண்ணும். காலவடியின் விரைவு இயக்கம் மின் சுற்றில் சில மாறுதல்கள் செய்யப்படுவதால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இவ் வகைகள் ஆசிலோஸ்கோப்பு களில் பயன்படுகின்றன.

காலவடியியற்றிகளில் மின்தேக்கி மின்னிறக்கம் அடைகின்ற பாதையின் மின்தடையை மிக மிகக் குறைவாக வைத்திருப்பது ஒரு கடினமான செயலாகும்; நேர்முக விரைவுக்கும், விரைந்து மீள்கின்ற நேரத்திற்கும் உள்ள தகவு மிக அதிகமாக இருக்கும். தைரட்ரான் மின்குழாயைப் பயன்படுத்தித் தொழிற்படுகின்ற ஓர் இயற்றியில் விரைந்து மீள்கின்ற நேரம் வாயுவின் அயனி இறக்க நேரத்தைவிடக் குறைவாக இருக்க முடியாது. எனவே, தகவு

$$= \frac{\text{நேர்முக விரைவு நேரம்}}{\text{விரைந்து மீள் நேரம்}}$$

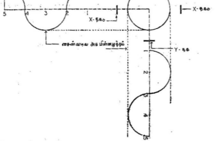
செய்முறையின் அடுக்கம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கக் குறைகிறது. இத்தகைய காலவடிகள் விநாடிக்கு 40 அல்லது 50 கிலோ சைக்கிள்களுக்குமேல் இருக்கும்பொழுது பயனற்றவை ஆகிவிடு கின்றன. இந்த நிலையில் கடின மின்குழாய் இயற்றிகள் நன்கு செயற்படுகின்றன. பக்கிள் என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட மின் சுற்று எந்தவித இடையூறும் இல்லாமல் விநாடிக்கு 2,50,000 சுற்றுகள் வரை உண்டாக்குகிறது.

வேறுவகைக் காலவடிகள்:

சில இடங்களில், குறிப்பாக ராடாரில், எக்ஸ்போனென்ஷியல் அல்லது நெடுக்கை வகைகளைத் தவிர வேறு வகைக் கால வடிகளும் தேவைப்படுகின்றன. அவை வட்ட (circular), சுருள் வில் (spiral), ஆரக்கால் (radial) காலவடிகளாகும். அவற்றைப்பற்றிச் சுருக்கமாக இங்குக் காண்போம்.

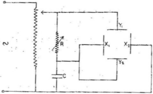
எல்லா வகைகளையும் போலவே வட்டக் காலவடியும் நிகழ்ச்சிகளின் நேரங்களை ஒப்பிடப் பயன்படுகின்றது. இதில் படம் 14.11 ல் காட்டியுள்ளதுபோல் X, Y அச்சுகளுக்கு ஒரே சைன் வடிவ மின்னழுத்தத்தின் நான்கில் ஒரு பகுதியைக் கொடுக்கிறோம். இந்தப் பகுதிகளைப் பெறுகின்ற முறை படம் 14.11 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

X, Y திசைகளில் கொடுக்கப்பட்ட சைன்வடிவ மின்னழுத் தங்களின் செயலுறு வீச்சுக்கள் சமம் என்றும், X, Y தகடுகளின் நுண்ணுணர்வுகளுக்கு ஒரு திருத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது



படம் 14.10
வட்டக் காலவடி

என்றும் கொண்டால், மின்னழுத்தங்கள் 90 டிகிரி அல்லது 270 டிகிரி கட்டபேதத்தில் இருக்கும்பொழுது எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் திரையில் ஒரு வட்டம் கிடைக்கும். படம் 14.11 ல்

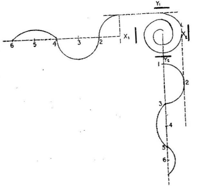


படம் 14.11
வட்டக் காலவடிச் சுற்று

காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றிலுள்ள மின்தடை R ன் மதிப்பு $1/wc$ க்குச் சமமாக இருத்தல்வேண்டும். மற்றவகை வீச்சு

களுக்கும், கட்ட பேதங்களுக்கும் வடிவம் ஒரு நீள் வட்டமாக (ellipse) இருக்கும்.

ஒரு சிறிய குழாயின் திரையில் ஒரு நீண்டவடிவ ஒளிப் பொட்டை ஒரே சமயத்தில் பெற்ருல் அது சுருள் வடிவக் கால வடியைக் குறிக்கும். ஒரு சுருள் வடிவக் காலவடியை உற்பத்தி



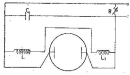
படம் 14.12

சுருள் வில் காலவடி

செய்வதற்கு ஒரே அடுக்கமுடைய சைன்வடிவ மின்னழுத்தம் நான்கிலொரு பகுதிகளாகத் தேவை. இது படம் 14.12ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

படம் 14.13ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போன்று ஒரு மின்சுற்று சுருள்வடிவக் காலவடியை உற்பத்தி செய்யத் தகுந்ததாகும். இந்த அலைவுச் சுற்றில் L, L_1 என்ற கம்பிச் சுருள்களும், X தகடுகளும் உள்ளன; குறுகிய நீண்ட சதுரவடிவ இசைவுப் பொருத்தமுடைய துடிப்புகள் அலைவுச் சுற்றை இயக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை C, R ஆகியவற் றிடையே தடையுறு நான்கிலொரு பகுதி வடிவுடைய அலைவுறு

மின்னழுத்தப் பகுதிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. வட்டக்கால வடிச் சுற்றுகளையும், நேர்க்கோட்டுக் காலவடிவச் சுற்றுகளையும் தக்கபடி பயன்படுத்தியும் சுருள் வடிவக் காலவடியைத் தயாரிக்கலாம்.



படம் 14.13
சுருள் வில் காலவடிச் சுற்று

ஆரக்கால் காலவடிச்சுற்று ராடாரில் பலவிதங்களில் பயன் படுகிறது. ஒரு நேர்க்கோட்டுக் காலவடிச் சுற்றைத் திரையின் மையத்திலிருந்து விளிம்புவரை தொழிற்படுத்துகிறோம். இதன் விரைவை ஒரு சக்கரத்தின் கால்கள் சுற்றுவதுபோல் தொடர்ந்து விரைவாகச் சுற்றுகிறோம். எனவே, திரையில் ஒளிப்பொட்டு மையத்திலிருந்து புறப்பட்டுத் திரையின் ஓரத்திற்குச் செல்லும். பொட்டு செல்லும் பாதை நேர்க்கோடாகத் தெரியும். ஏரியல் நிலையாக ஒரு திசையை நோக்கி இல்லாமல் சுழன்று கொண்டிருக்கும்பொழுது, காலவடிச் சுற்றும் திரையின்மீது சுழலும். இத்தகைய காலவடிச் சுற்றுகள் ராடாரில் பயன் படுகின்றன.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஓர் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயில் 4 செ.மீ நீளமுள்ள ஒரு ஜோடித் தகடுகள் 5 செ.மீ. இடைவெளியில் இருக்கின்றன. ஒளிர் திரைக்கும் தகடுகளுக்கு மிடையேயுள்ள தூரம் 16 செ. மீட்டர்களாகும். நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் 2000 வோல்ட்டு களாகும். 20 வோல்ட்டு மின்னழுத்தம் எலெக்ட்ரான்களின்மீது ஏற்படுத்துகின்ற விலக்கத்தையும், புலத்தைவிட்டு வெளிவரும் பொழுது மின் குழாயின் அச்சிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் விலகும் கோணத்தையும் கணக்கிடு.

மொத்த விலக்கம் $d = \frac{Vdl}{2\,Va\,S}\left[\frac{1}{2}l + D\right]$

இங்கு Vd = மின்னழுத்தம்.

Va = நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம்.

l = தகடுகளின் நீளம்.

S = தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம்.

D = தகடுகளுக்கும் ஒளிர்திரைக்கு மிடையேயுள்ள தூரம்.

d = மொத்த விலக்கம்.

$$\text{மொத்த விலக்கம் } d = \frac{20 \times 4}{2 \times 2000 \times \cdot 05}\left[\frac{1}{2} \times 4 + 16\right]$$

$$= \frac{18}{75} = 0 \cdot 72 \text{ செ. மீ.}$$

$$\text{டான் } \phi = \frac{d}{\frac{1}{2} l + D} = \frac{Val}{2\, VaS}$$

$$= \frac{20 \times 4}{2 \times 2000 \times 0 \cdot 5}$$

$$= 0 \cdot 04$$

$$\phi = 2^\circ 18'.$$

2. ஓர் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் 2 செ. மீ. நீளமுள்ள ஒரு ஜோடித் தகடுகள் ·5 செ.மீ. இடைவெளியில்வைக்கப்பட்டுள்ளன. தகடுகளின் மையத்திலிருந்து ஒளிர்திரை 24 செ. மீ. தூரத்தி லுள்ளது. நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் 1000 வோல்ட்டு களாகும். 30 வோல்ட் மின்னழுத்தம் ஏற்படுத்துகின்ற விலக் கத்தையும், எலெக்ட்ரான்கள் புலத்தைவிட்டு நீங்கும்போது அவற்றின் திசைக்கும் மின்குழாயின் அச்சுக்குமிடையில் உள்ள கோணத்தையும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகத்தையும் கணக் கிடு.

விலக்கத்தைத் தோராயமாக $d = \frac{VdlD}{2SVa}$ என்று குறிப்பிட லாம்.

$$d = \frac{VdlD}{2SVa}$$

$$= \frac{30 \times 2 \times 24}{2 \times 0 \cdot 5 \times 1000} \text{ செ. மீ.}$$

$$= 1{\cdot}44 \text{ செ. மீ.}$$

$$\text{டான் } \phi \ \frac{d}{D} = \frac{Val}{2SVa}$$

$$= \frac{30 \times 2}{2 \times 0{\cdot}5 \times 1000} = 0{\cdot}06.$$

$$\phi = \text{டான்}^{-1}\ 0{\cdot}06 = 3^\circ 26'$$

$$\text{திசை வேகம்} = v = \sqrt{\frac{2eVa}{m}}$$

$$= 5{\cdot}94 \times 10^5 \sqrt{Va} \text{ மீட்டர்/விநாடி.}$$

$$= 5{\cdot}94 \times 10^5 \sqrt{1000}$$

$$= 18{\cdot}78 \times 10^6 \text{ மீட்டர்/விநாடி.}$$

வினுக்கள்

1. ஓர் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் அமைப்பைப் படம் வரைந்து விளக்குக. அது தொழிற்படும் விதத்தை விவரி.

2. ஓர் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் பகுதிகளை விவரி. அதன் உபயோகங்களில் சிலவற்றைக் கூறுக.

3. ஒரு நேர்க்கோட்டுக் காலவடிச் சுற்று என்பதை விவரிக்க. அது எவ்வாறு தொழிற்படுகிறது என்பதை விளக்குக. இந்தச் சுற்று ராடாரில் எப்படிப் பயன்படுகிறது?

4. எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் ராடார் துடிப்புகள் பெறப்பட்டு அவை அறியப்படும் முறையைச் சுருக்கமாக விவரி.

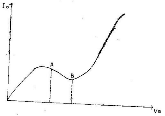
5. சிறுகுறிப்பு வரைக:
   - (a) எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி.
   - (b) மின்நிலை, மின்னியக்க லென்சுகள்.
   - (c) ஒளிர் திரை.
   - (d) நேர்க்கோட்டுக் காலவடி.
   - (e) சுருள்வில், ஆரக்கால்வடிகள்.
   - (f) எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் அலைவடிவங்களின் சோதனை.

15. துவக்கிச் சுற்றுகளும் துடிப்புச் சுற்றுகளும்

(Trigger and Pulsing Circuits)

தளர் அலையியற்றிகள் (relaxation oscillators) எதிர் மின் தடை அலையியற்றிகள் (negative resistance oscillators) ஆகிய வற்றுடன்கூடத் துவக்கிச் சுற்றுகளும் (trigger circuits) எலெக்ட்ரான் இயலில் மின்னோட்டத்தைத் தூண்டுவதற்கும், துடிப்புச் சுற்றுகளிலும் (pulsing circuits) அதிக அளவில் பயன்படுகின்றன. எனவே, இத்தகைய சுற்றுக்களைப்பற்றி ராடாரை அறிய முற்படும்போது நாம் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியது அவசியம்.

துவக்கிச் சுற்றுகளில் மின் குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. மின்சுற்றுப் பகுதிகளின் குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கும் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தங்களுக்கும் இரண்டு உறுதியான நிலைகள் கிடைக்



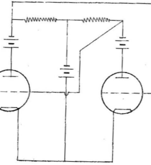
படம் 15.1

திரைகிரிடு மின்குழாய் பண்பியல் வளைகோடு

கின்றன. மின்னழுத்தங்கள், மின்னோட்டங்கள் ஆகியவை இத் தகைய சுற்றுகளில் குறிப்பிட்ட மாறுநிலை மதிப்புகளில் ஒரு

நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்குச் செல்லவோ வேறொரு குறிப்பிட்ட மாறுநிலையிலிருந்து திரும்பவும் பழைய நிலைக்கு வரவோ தகுந்த முறையில் இத்தகைய சுற்றுகள் அமைகின்றன. மின்னோட்டம், மின்தடை ஆகியவற்றுக் கிடையேயான பண்பியல் வளைகோட்டில் எதிர்மின் தடைப் பகுதியையுடைய ஒரு மின் குழாய், ஒரு துவக்கிச்சுற்றில் பயன்பட உகந்ததாகும். இத்தகைய தன்மையை ஒரு திரைகிரிடு மின்குழாயின் (screen grid valve) நேர்மின் வாய் மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றுக் கிடையேயான பண்பியல் வளைகோட்டில் காணலாம் (படம் 15.1).

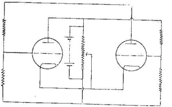
படம் 15.1 லுள்ள பண்பியல் வளைகோட்டில் A, B என்ற புள்ளிகளுக்கிடையே கோட்டின் வாட்டம் (slope) எதிரினமாயுள்ளது. A, B க் களுக்கிடையே மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும் பொழுது மின்னோட்டம் குறைகிறது. எனவே, மின்குழாய் எதிர்மின் தடையைப் பெற்றிருக்கிறது. எனினும், நவீன காலத்தில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்ற திரைகிரிடுக் குழாய்கள் துவக்கிச் சுற்றுகளில் அவ்வளவாகப் பயன்படுவதில்லை.



படம் 15.2
துவக்கிச் சுற்று

படம் 15.2 ல் ஒரு துவக்கிச் சுற்றின் எளிய அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

இரு மின்குழாய்களும் ஒன்று மாற்றி ஒன்று செயற்படு கின்றன. ஒரு சமயத்தில் ஒரே ஒரு மின் குழாய்தான் நேர் மின்வாய் மின்னேட்டத்தைச் செலுத்துகின்றது. ஒரே சமயத்தில் இரண்டு மின்குழாய்களும் மின்னேட்டத்தைக் கடத்துவதாகக் கொள்வோம். அப்போது ஒன்றில் ஏற்படுகின்ற மின்னேட்ட அதிகரிப்பு இணைப்புச் சுற்றில் மின்னழுத்த பேதத்தை உண்டாக்கு கிறது. எனவே, அடுத்த மின்குழாயிலுள்ள கிரிடு எதிர் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கின்றது. நேர்வாய் மின்னேட்டம் குறைகிறது. (அதாவது ஒரு மின்குழாயில் மின்னேட்டம் அதிகரித்தால் மற்ருென்றில் குறைகிறது). அதனுல் இணைப்பு மின்தடையில் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கின்றது. இது மறுபடியும் முதல் மின்குழாயின் கிரிடு எதிர்மின்னழுத்தத்தைக் குறைக் கிறது. இந்த நிகழ்ச்சி திரளாகச் சேருகின்ற (cumulative) முறை யில் நடைபெறுகிறது. ஆகவே, ஒரு மின்குழாய் முழுமையாகக் கடத்தும்பொழுது மற்ருெரு மின்குழாய் முழுமையாக நின்று விடுகிறது. இந்தச் சுற்று பல்லியல் அதிர்வி (multurlerator), கிப் அஞ்சல் (Kipp. relay) ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது.



படம் 15.3
நடைமுறைத் துவக்கிச் சுற்று

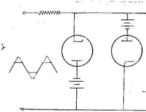
நடைமுறையிலுள்ள ஒரு துவக்கிச் சுற்று படம் 15.3 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 15.2ல் உள்ள மின்கல அடுக்குகள் இங்கு உபயோகிக் கப்படவில்லை. பதிலாகத் தகுந்த மின்தடைகளை உபயோகித்து அவற்றைத் தக்க முறையில் இணைத்துச் சரியான கிரிடு மின்னழுத்தங்கள் பெறப்படுகின்றன. ஒரு மின்மாற்றி அல்லது ஒரு மின்தேக்கி ஆகியவற்றிலிருந்து கிடைக்கின்ற மின்னழுத்தம் அல்லது மின்சுற்றுகளிலுள்ள மின்தடைகளிலேற்படும் திடீர்

மாறுதல்கள் இந்தச் சுற்றை இயக்குவிக்கும். துவக்கிச் சுற்றுகள் துடிப்புகள் நேரத்தை அதிகமாக்கவும் காலத்தைக் கட்டுப் படுத்தவும் மின்னோட்டத்தால் செயற்படுகின்ற கருவிகளை இயக்கவும் பயன்படுகின்றன. மேலும், மேலே கூறப்பட்ட சுற்று களை அநேக மாறுதல்களுக்குட்படுத்தி நமக்கு வேண்டியவாறு செயல்புரிய வைக்கலாம்.

நேர்த்திசை மின்னோட்டத் துடிப்புகள் (D.C. pulses)

இந்த அத்தியாயம் முழுவதும் துடிப்பு என்பது நேர்த்திசை மின்னழுத்தத் துடிப்புகளையே குறிக்கும். அவை படம் 15.4 ல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் உச்சநிலையை யடைந்து அதில் சிறிது நேரம் மாறிலியாக இருந்து பிறகு குறைகின்றன. ரேடியோ அடுக்கத் துடிப்புகளைப்பற்றிப் பிறகு பார்ப்போம்.



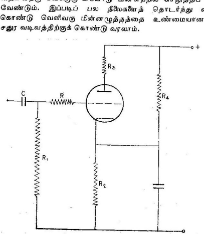
படம் 15.5
செவ்வகத் துடிப்பு இயற்றி

படம் 15.4
ஒருதிசைப் துடிப்பு

எளிய நீண்ட சதுர அலைவுகளைப் படம் 15.5 ல் காட்டியுள்ள அமைப்பைக் கொண்டு பெறலாம். இங்கு V_1, V_2 என்ற இரு டயோடு மின்குழாய்களின் நேர்மின்வாய்களுக்கு நிலையான மின்னழுத்தங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன; அதாவது படத்தின் இடப் பக்கத்தில் கொடுக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு ஏறக்குறைய தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படும் எதிர்மின் னழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்வரையில் இரண்டில் எந்த மின்குழா யும் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தாது.

மாறுதிசை மின்னழுத்தம் தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு எதிரான குறியீடு உடையதாக இருக்க

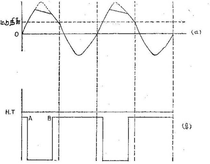
வேண்டும் என்பதையும் இங்குக் குறிப்பிடவேண்டும். வெளிவரு அளவு (output) மின்னழுத்தத்துடன் உள்ளிடு அளவு (input) மின்னழுத்தமும் இரண்டும் சமமாகும்வரையில் அதிகரித்து, அந் நிலையில் மின்குழாய் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த ஆரம்பிக்கிறது. *R* என்ற மின்தடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்தபேதம் உள்ளிடு அளவு மின்னழுத்தம் மேலும் அதிகரிப்பதைத் தடுக்கிறது. வெளி வரும் நீண்ட சதுர வடிவ மின்னழுத்தம் படம் 15.5 ல் வலப் பக்கத்தில் தடித்த கோட்டினுல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெளிவரு அளவு மின்னழுத்தத்தின் வீச்சு அதிகமாக அதிகமாக அலையின் அமைப்பும் நீண்ட சதுர வடிவத்திலிருந்து அதிகமாக மாறுபட் டிருக்கும். எனவே, சிறிதளவு வெளிவரு அளவு மின்னழுத்தத் தைப் பிறகு வேறொரு டயோடு மின்சுற்றில் செலுத்திப் பெருக்க வேண்டும். இப்படிப் பல நிலைகளைத் தொடர்ந்து வைத்துக் கொண்டு வெளிவரு மின்னழுத்தத்தை உண்மையான நீண்ட சதுர வடிவத்திற்குக் கொண்டு வரலாம்.



படம் 15.6
சதுர அலைவியற்றி

சதுர அலைகளை உண்டுபண்ணுகின்ற வேறொரு மின்சுற்றின் அமைப்பு படம் 15.6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 15.6 ல் மின்குழாயின் கிரிடுக்குத் தகுந்த மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மின்குழாய் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டத்தின் வெட்டுநிலையில் (cut off) இருக்குமாறு R_3, R_4 ஆகிய மின்தடைகளின் மதிப்புகள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன. B என்ற மின்தேக்கிவழியாக கிரிடுச் சுற்றுக்கு ஒரு சைன் (sine) மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதாகக் கொள்வோம். மாறுதிசை மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து உயர்கின்ற நிலையைக் கவனிப்போம். வெட்டுநிலையை அடைகிறவரையில் கிரிடின் மின்னழுத்தமும் சைன் அலேவுடன் அதிகரிக்கும். இந் நிலையில் R_3 என்ற மின் தடையில் ஒரு மின்னழுத்த பேதம் உண்டாகும். எதிர்மின் வாயின் மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமாக கிரிடின் மின்னழுத்தம்



படம் 15.7
சைன் அலையும் செவ்வக அலையும்

ஆகும்வரையில் இந்த அதிகரிப்பு நீடிக்கும். பிறகு கிரிடு மின்னேட்டம் ஆரம்பிக்கிறது. இதனுல் C என்ற மின்தேக்கியின் தகடுகள் மின்னூட்டம் பெறுகின்றன. கிரிடை அடுத்துள்ள மின்தேக்கியின் தகடு எதிர்மின்னூட்டம் பெறுகிறது. மின்தேக்கி C மின்தடை, R_1 ஆகியவற்றின் குறிப்பிட்ட மதிப்புகள் கிரிடு மின்னழுத்தம் மேலும் அதிகரிப்பதைத் தடுக்கின்றன. சைன் அலையின் உச்சப்பகுதி R என்ற மின்தடையினுல் கவரப்படுகிறது. கிரிடு எதிர்மின்வாய் இரண்டும் சேர்ந்து ஒரு டயோடாகச் செயல் பட்டுப் படம் 15.5 ல் காட்டியதைப்போல உள்ளிடு சைன்

மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. இங்கு நிகழ்கின்ற உள்ளிடு மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் படம் 15.7 (a) ல் காட்டப் பட்டுள்ளன. உள்ளிடு மின்னழுத்தத்தின் ஒவ்வொரு சுற்றின் நேர்க்குறியில் ஒரு சிறிய பகுதியில்மட்டுமே மின்குழாய் கடத்தும் நிலையிலிருப்பதால், நேர்மின்வாய்ச் சுற்றில் மின்னோட்டம் R_3 என்ற மின்தடையில் படம் 15.7 (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் மின்னழுத்த அலைகளை உண்டாக்குகிறது.

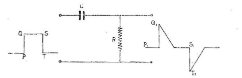
மின்குழாய் வெட்டுநிலைக்குக் கொண்டு செல்லப்படுவதற்கு முன்பு நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் சுழியாகிறது. நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் உயர் மின்னழுத்த நிலையை (H. T. level) அடைகிறது. எனவே, R_3 என்ற மின்தடையில் மின்னழுத்த பேதம் ஏதுமில்லை. கிரிடில் மின்னழுத்தம் வெட்டு நிலையிலிருந்து சுழி மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் திடீரென உயர்ந்து R_3 என்ற மின்தடையில் ஒரு மின்னழுத்த பேதம் விரைவில் உண்டாகிறது. படத்தில் A என்ற புள்ளியில் இது நிகழ்கிறது. இப்பொழுது கிரிடு மின்னோட்டம், கிரிடு மின்னழுத்தத்தை ஒடுக்கி, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் மாறாமல் வைக்கிறது. கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழியாகும்வரையில் இதே நிலைமை நீடிக்கிறது. கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழியாகும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் வெகு வேகமாகக் குறைந்து நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் உச்ச மின்னழுத்தத்தின் முழு அளவிற்குத் திடீரென உயருகின்றது. படத்தில் இது B என்ற புள்ளியில் நிகழ்கிறது. நேர்மின்வாய் மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் (இவைதாம் தேவையான செவ்வக வடிவத் துடிப்புகளாகும்) ஒப்பு நிலைமை கிரிடு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளுக்கு (corresponding grid fluctuation) $180°$ கட்ட பேதத்தில் (phase difference) அமைந்துள்ளது குறிப்பிடத் தக்கது.

இந்த மின்சுற்றிலும் டயோடு மின்சுற்றைப் போலத் துடிப்புகள் பெருக்கப்பட வேண்டும். சாதாரணமான மின்தடை-மின்தேக்கி இணைப்புப் பெருக்கியை (resistance capacity—coupled amplifier) இதற்குப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால், துடிப்புகள் உருக்குலையாதவாறு பார்த்துக்கொள்ளவேண்டியது அவசியம்.

குறைந்த நேரத் துடிப்புகள் (Short duration pulses) :

இதுகாறும் கூறப்பட்ட நீண்ட செவ்வக வடிவத் துடிப்புகளிலிருந்து மிகக் குறுகிய நேரத் துடிப்புகளைப் படம் 15·8 ல் காட்டியுள்ள மின்தடை மின்தேக்கிச் சுற்றைப் பயன்படுத்தி உண்டு பண்ணலாம். இந்தச் சுற்றில் R, C ஆகியவை மிகக் குறைந்த

மதிப்புடையவை. இந்தச் சுற்றில் உள்ளிடு நேர்மின்னழுத்தம் திடீரென மாறினல், மின்தேக்கி 'எக்ஸ்பொனென்ஷியலாக' (exponentially) மின்னூட்டமோ, மின்னிறக்கமோ அடைகிறது. $PQST$ என்ற ஒரு சதுர வடிவ அலை உள்ளிடு பகுதியில் கொடுக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். பிறகு வெளிவரு பகுதியில் கிடைக்கும் (R என்ற மின்தடையில்) மின்னழுத்தம் அதன்வழியே ஓடுகின்ற மின்னோட்டத்தின் அமைப்பை எல்லா விதத்திலும் ஒத்திருக்கும். இந்தச் சதுர வடிவ அலையை மின்தேக்கி C க்குக்



படம் 15·8
பகுமின் சுற்று

கொடுக்கும்பொழுது, அதன் தகடுகளுக்கிடையே, மின்னழுத்தம் திடீரென உச்சநிலையை அடையாமல் CR ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைப் பொறுத்து ஒரே சீராக உயருகிறது. t விநாடிகளுக்குப் பிறகு மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் Vc ஆனது $Vc = (1-e^{-t/CR})$ என்ற சமன்பாட்டினுல் பெறப்படுகிறது. இங்கு V ஆனது கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தின் உச்ச மதிப்பாகும். $e = 2{\cdot}7183$ ...... t ன் மதிப்பை eR ன் பெருக்கற்பலனுக்குச் சமமாக்கினல்,

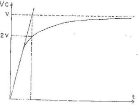
$$Vc = V(1 - e^{-1})$$
$$= V(1 - 0{\cdot}3679)$$
$$= 0{\cdot}6321\,V$$

அதாவது மின்தேக்கி CR விநாடிகளில் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தில் 2/3 பங்கு அடைகிறது.

மின்னழுத்தம் Vc க்கும் நேரத்திற்குமுள்ள தொடர்பு, படம் 15.9 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு நேர்மின்னழுத்தத்துடனும் மின்தடையுடனும் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி ஒன்றில்

மின்னழுத்தம் உயரும் விதத்தை இந்தப் படம் காட்டுகின்றது. வளைகோடு எக்ஸ்பொனென்ஷியல் முறையில் இல்லாமல் நேர்க் கோடாக இருக்குமானால் மின்தேக்கி CR வினாடிகளுக்குப் பிறகு முழுவதுமாக மின்னூட்டம் பெற்றுவிடும். படம் 15.8ல் காட்டப்பட்டுள்ள C, R இவற்றின் மதிப்பு மிகக் குறைவு எனக் கொள்வோம். பிறகு நேர மாறிலியும் (time constant) சிறிய தாகவே இருக்கும். திடீரென்று உயருகின்ற மின்னழுத்தம் PQ, Rன் வழியே Cக்கு அதிக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும். Rக்கிடையில் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் $P'Q'$ என்ற செங்குத்துக்

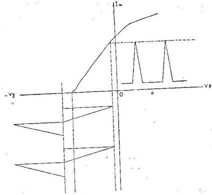


படம் 15.9
மின்னழுத்த-கால வளைகோடு

கோட்டினால் குறிக்கப்படும். மின் தேக்கி அதிவேகத்தில் மின்னூட்டம் பெறுகிறது. எனவே, மின்னூட்ட மின்னோட்டம் (charging current) QS வினாடிகளுக்கு அதே நிலையிலிருந்து பிறகு சுழியாகிறது. மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் சுழியாகும்போது மின்தேக்கி மின்னிறக்கமடைகிறது. Rன் மின்னழுத்தம் திடீரென எதிர்த் திசையில் $S'T'$ க்கு உயருகிறது. மறுபடியும் மின்னோட்டம் சுழியாகிறது. அடுத்த துடிப்பு வரும்வரையில் மின் சுற்று அமைதியாக இருக்கிறது. இந்த நிகழ்ச்சிகள் திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கின்றன.

நீண்ட நேர சதுர அலைகள் நேர்க்குறியும், எதிர்க்குறியுமான குறுகிய காலத் துடிப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றன. இந்த முறைக்குப் பெயர் பகுத்தல் (differentiating) என்பதாகும். இந்த மின்சுற்று (படம் 15.8) பகுமின்சுற்று (differentiating circuit) என அழைக்கப்படுகிறது.

மேற்கண்ட அமைப்பிலிருந்து கிடைக்கும் ஈட்டி முனைபோன்ற துடிப்புகளை (spiky pulses) நேர்மின்வாய் மின்னழுத்த வெட்டு நிலைக்கப்பால் இயங்கும் மின்குழாய்களுக்குள் செலுத்தி இன்னும் சிறிய துடிப்புகளைப் பெறலாம். இம் முறை படம் 15.10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

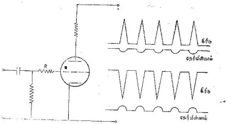


படம் 15.10
ஈட்டி முனைத் துடிப்புகள்

ஈட்டி முனைத் துடிப்புகளின் மிகக் குறுகிய முனைகள்மட்டுமே நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தை உண்டுபண்ணுகின்றன. இதன் விளைவாக நேர்மின்வாய் மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் மிகக் குறுகிய எதிர்க்குறித் துடிப்புகளாக (negative going pulses) மாறுகின்றன. இம் முறையில் எல்லா எதிர்க்குறித் துடிப்புகளும் அமுக்கப்படுவதால் நேர்மின்வாயின் நிலையில் மாறுதல் ஏற்படுவதில்லை.

படம் 15.11 ல் காட்டியபடி ஈட்டிமுனைத் துடிப்புகளை மின்குழாய்க்குள் தக்கபடி செலுத்தி அவற்றின் வடிவைச் செவ்வக வடிவமாக்கலாம். ஈட்டிமுனைத் துடிப்பு நேர்க்குறித் துடிப்பாக இருந்தால் கிரிடுச் சுற்றில் ஒரு மின்தடையை இணைத்துத் துடிப்

பின் உச்சி நீக்கப்படுகிறது. இந்த மின்தடை, துடிப்பின் நேர்க் குறியைக் கிரகித்துவிடுகிறது. ஈட்டிமுனைத் துடிப்பு எதிர்க்குறித் துடிப்பாக இருந்தால் கிரிடுச் சுற்றில் மின்தடை R தேவையில்லை. மின்குழாயை நேர்மின்வாய் மின்னோட்ட வெட்டுநிலைக்கப்பாற் செலுத்தித் துடிப்பின் முனையை வெட்டிவிடலாம். கிரிடு நேர்மின் வாய் மின்னழுத்தங்களின் அலை உருவங்கள் படம் 15.11ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



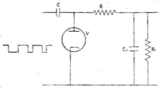
படம் 15.11
கிரிடு, நேர்மின்வாய் அலைவடிவங்கள்

தொகுத்தல் (Integration) :

கணிதத்தில் தொகுத்தல் என்பது, பகுத்தலின் எதிர்ப்பத மாகும். பகுத்தல் (differentiation) என்பது எல்லையற்ற பிரிவு களாகப் பிரித்தலைக் குறிக்கும்போது, தொகுத்தல் (integration) என்பது எல்லையற்ற பகுதிகளை ஒன்றாகச் சேர்த்தலைக் குறிக்கும். நீண்ட நேரச் செவ்வகத் துடிப்புகளிலிருந்து குறுகியகால ஈட்டி முனைத் துடிப்புகளைப் பகுமின் சுற்று உண்டாக்குகிறது எனப் பார்த்தோம். தொகுமின் சுற்று இதற்கு எதிர் மாறான செயலைச் செய்கிறது. பல குறுகிய நேரத் துடிப்புகளிலிருந்து ஏற்கெனவே தீர்மானிக்கப்பட்ட ஒரு நிலையான மின்னழுத்தத்தைத் தொகுமின் சுற்று தயாரிக்கிறது.

படம் 15.12ல் பல எதிர்க்குறித் துடிப்புகள் C, R, C_1, R_1, V ஆகியவை அடங்கிய ஒரு தொகுமின் சுற்றுக்குக் கொடுக்கப் படுகின்றன.

ஒவ்வொரு துடிப்பின் ஆரம்பத்திலேயும் மின்தடை R ன் வழியே ஒரு மின்னோட்டம் சென்று, மின்தேக்கி C க்கு எதிர் மின்னூட்டத்தை அளிக்கின்றது. ஒவ்வொரு துடிப்பும் முடியும் போது, அதாவது நேர்க்குறித் துடிப்பு ஆரம்பிப்பதற்கு முன்னால், மொத்தத் துடிப்பு மின்னழுத்தம் R_1 C_1 ஆகியவற்றிற்கிடையே



படம் 15.12

தொகுமின் சுற்று

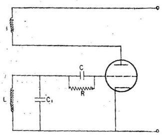
பிரிக்கப்படுகிறது. துடிப்பு உயரும்போது, மின்குழாயின் நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தமும் உயருகின்றது. அதற்குள் மின்குழாய் கடத்த ஆரம்பித்துவிடுவதால் இந்த நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம், புவி மின்னழுத்தத்தைத் தாண்டுவதில்லை. நேர்மின்வாய் ஏறக் குறையப் புவி மின்னழுத்தத்தி லிருக்கும்போது மின்தேக்கி C, மின்னூட்டம் பெறுகின்றது. எனவே, அதன் தகடுகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்தம் ஏற்படுகின்றது. இப்பொழுது நேர்மின்வாய் V புவி மின்னழுத்தத்திலிருக்கிறது. மின்தேக்கி C_1 ல் மீந்த மின்னூட்டம் (residual charge) உள்ளது. மின்தேக்கி C ல் உள்ள மீந்த மின்னூட்டம் மின்தேக்கி C_1 ல் உள்ள மீந்த மின்னூட்டத்தை ஈடு செய்கின்றது. ஆனால், அவற்றுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத் தங்கள் சமமாயிருப்பதில்லை.

இந்தச் சுற்றில் அடுத்த துடிப்பு வரும்போது டயோடு மின் குழாயின் நேர்மின்வாய் அதே அளவு எதிர்மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகின்றது. இந்த மின்னழுத்தத்திற்கும், மின்தேக்கி C_1ன் மேலுள்ள தகட்டின் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு காரணமாக மின்தடை R வழியே C_1 க்கு ஒரு மின்னோட்டத் துடிப்பு செல்கிறது. இது மின்தேக்கி C_1 ல் உள்ள மின்னோட்டத்தை முன்பு இருந்ததைவிட மேலும் உயர்த்துகிறது. மின்சுற்றுக்குத் துடிப்புகளைத் தொடர்ந்து கொடுத்துக்கொண்டே இருந்தால் இந்த முறை திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கிறது. மின்தேக்கி C_1 மேலும் மேலும் மின்னூட்டம் பெறுவதால் ஒவ்வொரு துடிப்பின்போதும்

Rன் வழியே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துவதற்கான மின்னழுத்தம் படிப்படியாகக் குறைகிறது. இறுதியாகச் சுற்று மின்னூட்டம் பெறுகின்ற அதே விகிதத்தில் R_1ன் வழியே C_1ல் உள்ள மின்னூட்டம் இறக்கமடைகிறது. இவ்வாறு உள்ளிடு பகுதியில் ஒரு சமநிலை ஏற்படுகிறது. இவ்வாருக நேர மாறிலி C_1 R_1ஐத் தகுந்தபடி தேர்ந்தெடுத்து வெளிவரு மின்னழுத்தம் குறிப்பிட்ட வீச்சுடைய துடிப்புகளின் அடுக்கத்திற்கு நேர் விகிதத்திலோ, குறிப்பிட்ட அடுக்கத்திலுள்ள துடிப்புகளின் வீச்சுகளுக்கு நேர்விகிதத்திலோ இருக்குமாறு செய்யலாம்.

தளர் அலைவியற்றிகள் (Relaxation oscillators)

குறுகிய நேரமுடைய துடிப்புகளைத் தளர் அலைவியற்றிகளைப் பயன்படுத்தியும் உண்டாக்கலாம். இங்கு மின்குழாய்க்குத் தகுந்த கிரிடு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து ஒரு சுற்றுக்குப் பிறகு சைன் வடிவ அலையை முழுவதும் நீக்குகிறோம். இதே நிலை சிறிதுநேரம் நீடிக்கிறது. பிறகு குறுகிய மின்னழுத்தத் துடிப்புகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சுற்றின் இயைவு அடுக்கத்தை மிகவும் அதிகமாக்கி மிகக் குறுகிய நேரமுடைய துடிப்புகளை உண்டாக்கலாம். இந்த வகையில் மூன்று முக்கியமான அலைவியற்றிகள் உள்ளன.



படம் 15.13
தடுப்பு அலைவியற்றி

தடுப்பு அலைவியற்றி (blocking oscillator) என்பது முதல் வகையைச் சேர்ந்தது. இதனுடைய அமைப்பு படம் 15.13ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மின்சுற்றிலிருந்து மின்குழாய்க்குப் பின்னூட்டம் கொடுக்கப்படுகிறது என்பது விளங்கும். இந்தப் பின்னூட்டம் நேர்மின் வாயிலிருந்து கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. கிரிடோடு, கிரிடுக் கசிவு R_1 மின்தேக்கி C ஆகியவை இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தச் சுற்றின் தொழிற்படு திறன் C, R இவற்றின் மதிப்புகளையும், L, L_1 ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள இணைப்பையும் பொறுத்தது. LC_1 என்ற பெருக்கற்பலனின் மதிப்பைப் பொறுத்து இந்தச் சுற்று சைன் வடிவமுள்ள தொடர்ச்சியான அலைவுகளை உண்டாக்க முடியும்; அல்லது CRன் மதிப்பைப் பொறுத்து அலைவுகளைச் சிறுசிறு குவியல்களாக விட்டுவிட்டு உண்டாக்க முடியும். இந்த நிலைக்குப் பெயர் தாமதத் தடுப்பு (squegging). இது தடுத்தலினின்றும் (blocking) வேறுபட்டது. தடுத்தலின் அலைவுகள் ஓர் அரை சுற்றுக்குப் பிறகு நிறுத்தப்படுகின்றன. ஆனால், தாமதத்தடுப்பில் அலைவுகள் பல சுற்றுகளுக்குப் பிறகு தடுக்கப்படுகின்றன.

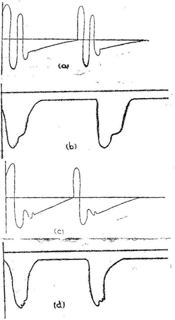
இப்பொழுது இந்தச் சுற்று தொழிற்படும் முறையைக் கவனிப்போம். கிரிடுச் சுற்று இசைவுப் பகுதிகள் L_1 C_1 ஆகியவற்றின் மதிப்பைப் பொறுத்து L_1 என்ற சுற்றிலிருந்து நிகழும் பின்னூட்டத்தினால் மின்குழாய் அலைவுற ஆரம்பிக்கிறது. இந்த அலைவுகளின் வீச்சு வெகுவாக அதிகரிக்கிறது. அவை அவ்வாறு அதிகரிக்கும்போது கிரிடு மின்னோட்டம் கிரிடுத் திருத்தல் பண்பின் காரணமாக நிகழ்கிறது. பிறகு சராசரி கிரிடு மின்னழுத்தம் வெகுவாக எதிர்க்குறியாக மாறி இறுதியாக மின்குழாய் வெட்டு நிலையை அடைகிறது. இப்பொழுது அலைவுகள் நின்றுவிடுகின்றன. Cல் உள்ள மின்னூட்டம் Rன் வழியே கசிகிறது. உடனே அலைவுகள் மறுபடியும் தோன்றுகின்றன. இந்த முழு நிகழ்ச்சிகளும் திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கின்றன.

இவ்வாறு ஒவ்வொரு சுற்றும் தொடர்ச்சியாகப் பல அலைவுகளையும் பெற்றிருக்கிறது. அப்பொழுது கிரிடு விரைவாக எதிர் மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகின்றது. பிறகு நீண்ட நேரத்திற்குச் சுற்று அமைதியாக இருக்கின்றது. இப்பொழுது மின்தேக்கியிலுள்ள எதிர்மின்னூட்டம் தேக்கிக்கு இணையாக உள்ள மின்தடை வழியாகக் கசிகிறது.

கிரிடு, நேர்மின்வாய் ஆகியவற்றிலுள்ள மின்னழுத்தங்களின் அலை உருவங்கள் படம் 15.14 (a), (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

குறுகிய துடிப்புகளை உண்டாக்குவதற்குவேண்டிய தடுப்பு நிலைமையை நடைமுறையில் C, R ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைச் சரியாகத் தேர்ந்தெடுப்பதனாலும், நேர்மின்வாயிலிருந்து கிரிடுக்குப் பின்னூட்டத்தைச் சீர்செய்யும் உருவாக்குகின்றனர்.

இப்பொழுதுமுதல் நேர்க்குறி அரைச் சுற்றிலேயே மின்தேக்கி முழு அளவில் மின்னூட்டம் பெற்று விடுகிறது. எனவே, இரண்



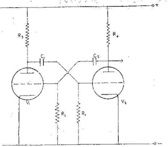
படம் 15.14

கிரிடு, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்த அலை உருவங்கள்

டாவது சுற்றினல் மின்குழாயை இயங்கவைக்க முடிவதில்லை. நேர்மின்வாய் மின்னேட்டம் இந்த அரைச் சுற்றிலேயே ஓடுகிறது.

ஆகவே, குறுகிய எதிர்க்குறித் துடிப்புகள் நேர்மின்வாயில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. கிரிடு, நேர்மின்வாய் ஆகியவற்றின் மின் அழுத்தங்களின் அலை உருவங்கள் படம் 15.14 (c) (d) ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இரண்டாவது வகை அலையியற்றி பல்லியல் அதிர்வி ஆகும். (multi viluator) இந்தச் சுற்று பல்வேறு நேரங்களை உடைய சதுரத் துடிப்புகளை உண்டுபண்ணப் பயன்படுகிறது. ஒரு சரியான பல்லியல் அதிர்வியின் அமைப்பு படம் 15.15 ல்

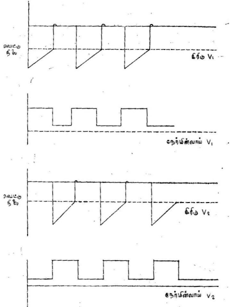


படம் 15.15
பல்லியல் அதிர்வி

காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்சுற்று முக்கியமாக ஒரு மின் தடை இணைப்புப் பெருக்கியாகும். இந்தச் சுற்றில் ஒரு மின் குழாயின் உள்ளிடு அளவு மற்றதன் வெளிவிடு அளவுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு மின்குழாயும் 180 டிகிரி கட்டபேதத்தை உண்டுபண்ணுவதால் அமைப்பு தொடர்ந்து அலைவுறுகின்றது.

V_1 மின்குழாய் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டவெட்டு நிலைக்கு அப்பாலும் V_2 மின்குழாய் கடத்தக்கூடிய நிலையில் இருப்பதாகவும் கொள்வோம். C_2, R_2 ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைப் பொறுத்து மின்தேக்கி C_2 விலுள்ள மின்னூட்டம் கசிவுறுகின்றது. ஒரு நிலையில் V_1 மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த ஆரம்பிக்கும். V_1ன் வழியே செல்லுகின்ற மின்னோட்டத்தினல் R_3 ல் ஒரு

மின்னழுத்தபேதம் ஏற்படும். இவ்வாறு V_1ன் நேர்மின்வாயில் ஏற்பட்ட எதிர் மின்னழுத்தக் குறைப்பு C_1 வழியாக V_2 மின் குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படும். இதனால் V_2 வெட்டு



படம் 15.16

பல்லியல் அதிர்வியின் மின்னழுத்த வளைகோடுகள்

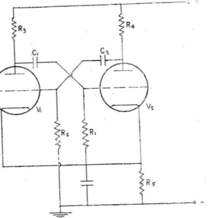
நிலையை அடையும். ஆகவே, நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் குறைந்து R_4ல் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும். இந்த மின்னழுத்த

அதிகரிப்பு C_2 வழியாக V_1ன் கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படும். அதனால் V_1ல் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும். இந்த மாற்றம் துரிதமாகவும் தொடர்ந்தும் நடப்பதால் மின்னோட்டம் V_2 விலிருந்து V_1 க்கு மாறுகிறது. V_1 ன் நேர் மின்வாயில் மின்தடை R_3 மின்குழாயின் அகமின் தடையுடன் ஒப்பிடும்போது மிக அதிகமாக இருக்குமானால், ஏற்படும் மின்னழுத்தம் உச்சநிலை மின்னழுத்தத்திற்கு ஏறக்குறையச் சமமாக இருக்கும். இது ஏறக்குறைய 300 வோல்ட்டுகள் வரை இருக்கும். இதை V_2 வின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கும் பொழுது, இந்தக் குழாய் குறைந்தது 270 வோல்ட்டுகளாவது நேர்மின்வாய் மின்னோட்ட வெட்டுநிலைக்கு அப்பால் கொண்டு செல்லப்படும். பிறகு C_1 ல் உள்ள மின்னோட்டம் மின்கடத்தல் திரும்ப ஆரம்பமாவதற்குத் தேவையான அளவு R_1 ன் வழியே கசியும்வரையில் மின்குழாய் வெட்டுநிலையிலேயே இருக்கும். ஒரு முழுச்சுற்றில் V_1, V_2 மின்குழாய்களின் பல்வேறு மின் வாய்களில் உள்ள மின்னழுத்த வளைகோடுகள் படம் 15.16 ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

மேற்கண்ட வளைகோடுகளைக் கொடுக்கின்ற சுற்றில் $R_1 = R_2$, $R_3 = R_4$, $C_1 = C_2$ என்று எடுத்துக்கொள்ளப் பட்டுள்ளன. எனவே, அலை உருவங்கள் சமச்சீர் உடையன வாகக் கிடைக்கின்றன. ஒரு சுற்றின் பாதியின் அலைவு நேரம் $C_1 (R_1 + R_3)$ யுடனும் மற்றப் பாதி $C_2 (R_2 + R_4)$ வுடனும் மாறுபடுகிறது. இங்கு உயர் மின்னழுத்தத்தின் அகமின்தடை சுழியாக எடுத்துக்கொள்ளப்படும். $C_1 (R_1 + R_3)$, $C_2 (R_2 + R_4)$ என்பன நேரமாறிலியாகும். ஒரு நேர மாறிலி மற்றதைவிடச் சிறியதாக இருக்குமானால் ஓர் அரைச்சுற்று மற்றதைவிடக் குறுகியதாக இருக்கும். இவ்வாறுகக் குறுகிய செவ்வக வடிவத் துடிப்புகளை ஒரு மின்குழாயின் நேர்மின்வாயில் உண்டாக்கலாம்.

பல்லியல் அதிர்வியின் திருத்தியமைக்கப்பட்ட அமைப்பு சில சமயங்களில் தொடர்ச்சியான குறுகிய துடிப்புகளிலிருந்து கட்டுப்படுத்தப்பட்ட நீளங்களையுடைய இசைவுப் பொருத்தமான (synchronising) துடிப்புகளை உண்டாக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. இத்தகைய சுற்றின் அமைப்பு படம் 15.17ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்கு கிப் அஞ்சல் சுற்று (kipp relay circuit) அல்லது மின் - எழு-விழு சுற்று (flip – flop) என்று பெயர். சாதாரண பல்லியல் அதிர்விக்கும் இந்தச் சுற்றுக்கும் ஒரு முக்கிய மான வேறுபாடு உண்டு. இதில் R_5 வழியே செல்லுகின்ற V_2வின்

மின்னோட்டத்தினால் V_1 நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் வெட்டு நிலைக்கப்பால் நிறுத்தப்படுகிறது. ஒரு குறுகிய எதிர்த் திசைத் துடிப்பு V_2 ன் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். இது V_2 வை வெட்டுநிலைக்குத் தள்ளுகிறது. எனவே, நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் உயர்ந்து V_1ன் கிரிடு



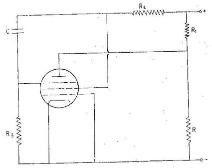
படம் 15.17

எழு - விழு சுற்று

வெட்டு நிலைக்கப்பால் செலுத்தப்படுகிறது. V_1 கடத்த ஆரம்பிக்கிறது. R_3 ல் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் V_2 ல் ஏற்கெனவே உள்ள மின்னழுத்தத்துடன் சேருவதால் மின்னோட்டம் V_2 விலிருந்து V_1க்கு மாறுகிறது. கடத்தல் திரும்ப ஆரம்பிக்கும் அளவு V_2 வின் கிரிடிலுள்ள மின்னழுத்தம் கசிகிறவரையில் இதே நிலைமை நீடிக்கிறது. இது நிகழ்ந்தவுடன் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் குறைந்து V_1 ன் கிரிடு வெட்டு நிலைக்கு அப்பால் சென்று அடுத்த துவக்கித் துடிப்புக்குத் தயாராகச் சுற்று தன்

பழைய நிலையை யடைகிறது. கட்டுப்பாடு செய்யப்பட்ட துடிப்பின் வீச்சு, இந்த மின்சுற்றின் நேரமாறிலி C_1 R_1, உயர் மின்னழுத்தம், V_2 வின் வெட்டுநிலை மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்தே அமையும்.

மூன்றுவது வகை அலைவியற்றி டிரான்ஸிட்ரான் (transitron) ஆகும். இதனுடைய அமைப்பு, படம் 15.18ல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.



படம் 15.18
டிரான்ஸிட்ரான்

இது குறுகிய சதுரவடிவுடைய மின்னழுத்தத் துடிப்புகளை உண்டுபண்ணப் பயன்படுகிறது. பென்டோடு மின்குழாயில் கிரிடின் மின்னழுத்தத்தை மாறுமலும் அடக்கு கிரிடின் மின்னழுத்தத்தை நேர்க்குறிக்கு விடாமலும், நேர்மின்வாய், திரை கிரிடு இவற்றின் மின்னோட்டங்களை நிலையாகவும் வைத்திருப்பதே இந்தச் சுற்றின் தத்துவமாகும். கிரிடு புவியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அடக்கு கிரிடு உறுதியான நிலையில் புவி மின்னழுத்தத்துடன் உள்ளது. இப்பொழுது அடக்கு கிரிடு சிறிதளவு எதிர்க்குறி பெறுவதாகக் கொள்வோம். அதனுல் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் குறையும். திரைகிரிடு மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும். எனவே, R_2 வில் மின்னழுத்தம் குறையும். இது எதிர்மின் துடிப்பாக C வழியே அடக்கு கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்

படும். இது அடக்கு கிரிடின் எதிர்மின்னழுத்தத்தை மேலும் அதிகரிக்கும். உண்மையில் மின்சுற்று ஒருபோக்குச் சுற்றுக்கு (one valve kipp) தொழிற்படுகிறது. திரை கிரிடில் மின்னழுத்தக் குறைப்பு நீடித்து நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் அறவே நின்று விடுகின்றது. இப்பொழுது R_3 வின் வழியே மிக அதிக அளவு மின்னோட்டம் திரைகிரிடை அடைகின்றது. மேலும் இப்பொழுது R_3 வழியே மின்தேக்கி C மறுபடியும் மின்னோட்டம் பெறுகிறது. C_1 R_3 ஆகியவற்றின் மதிப்பைப் பொறுத்துச் சிறிது நேரம் கழித்து அடக்கு கிரிடு ஒரு மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகிறது. இந்த மின்னழுத்தத்தில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் திரும்பவும் ஆரம்பிக்கிறது. எனவே, திரைகிரிடு மின்னோட்டம் குறைகிறது. இதனால் திரை மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. இது C வழியே அடக்கு கிரிடுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தை மேலும் அதிகரிக்கிறது. இந்த நிகழ்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றன.

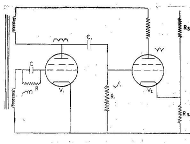
மின்சுற்றின் பாகங்களை மிகக் கவனமாகத் தேர்ந்தெடுப்பதன் மூலம் நேர்மின்வாயிலிருந்து திரைச் சுற்றிற்கும் திரையிலிருந்து நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிற்கும் மின்னோட்டத்தை வெகுவிரைவாக மாற்றலாம். எனவே, மிகக் குறுகிய நேர்மின்னழுத்தத் துடிப்புகளை மின்குழாயின் நேர்மின்வாயில் உண்டுபண்ணலாம்.

மிகக் குறைந்த செவ்வக வடிவத் துடிப்புகளை உண்டுபண்ணப் பல மின்குழாய்கள் அடங்கிய சுற்றுகளை உபயோகிக்கின்றனர். அவற்றின் தத்துவங்களே இதுகாறும் விவரமாகக் கூறப்பட்டன. சாதாரண ரேடியோவின் ஆளுகை அலைவியற்றி (master oscillator) யில் செவியுறு அடுக்கப் பேச்சுகளை அல்லது இசையொலிகளைப் பண்பிறக்கம் செய்கிறோம். ஆனால், ராடார் பரப்பியில் தொடர்ச்சியான ஒருதிசை மின்னழுத்தத் துடிப்புகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். எனவே, சமஇடைவெளிகளில் குவியல் குவியல்களாக ரேடியோ அடுக்க ஊர்தி அலைகள் வானவெளியில் செலுத்தப்படுகின்றன. எனவே, ராடார் பரப்பியிலுள்ள பண்பிறக்கிகளை மின்னழுத்தக் கட்டுகளிலிருந்து ஆற்றலை எடுத்துத் தகுதியான மின்னழுத்தத் துடிப்புகளாக மாற்றுகின்ற கருவிகள் என அழைக்கலாம்.

பெருவாரியான பரப்பிகள் தனித்தனிப் பண்பிறக்கத் தொகுதிகளைப் பயன்படுத்துகின்றன.

படம் 15.19 ஓர் எளிய இரு மின்குழாய்ச் சுற்றைக் காட்டுகிறது. இதைப் பயன்படுத்திச் சில மைக்ரோ வினாடிகள் நேர

முடைய எதிர்க்குறித் துடிப்புகளை உண்டுபண்ணலாம். மின்சுற்றின் அந்தந்தப் பகுதிகளில் உண்டாகும் மின்னழுத்தங்களின் அலை வடிவங்கள் ஆங்காங்குக் காட்டப்பட்டுள்ளன. V_1 ஒரு தடுப்பு அலைவியற்றியாகும். நேர்மின்வாய்க்கும் கிரிடுக்கும் ஒரு மின் மாற்றியினால் இணைப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. $R\ C$ இவற்றின் மதிப்புகள் ஓர் அரை அலைவிற்குப் பிறகு மின்குழாய் நிற்கும்படி யாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, மின்குழாய் கடத்தும்போது குறுகிய எதிர்க்குறித் துடிப்புகள் நேர்மின்வாயில்



படம் 15.19

எதிர்க்குறித் துடிப்புகளை உண்டாக்கும் இருமின் குழாய்ச் சுற்று

உண்டாகின்றன. இந்தத் துடிப்புகள் $C_1\ R_1$ அடங்கிய பகுமின் சுற்றுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன. எனவே, V_2வின் கிரிடு, நேர்க் குறியும் எதிர்க்குறியுமான ஈட்டிமுனைத் துடிப்புகளைப் பெறு கின்றது. ஒவ்வோர் ஈட்டிமுனைத் துடிப்பும் V_1ன் நேர்மின் வாயிலிருந்து துடிப்பைவிடக் குறுகியகால அளவை உடையது. R_3, R_3 ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி V_2 விற்கு மின்னழுத்தம் கொடுக்கிறோம். நேர்க்குறித் துடிப்புகளின் உச்சிகள்மட்டுமே மின்குழாயைக் கடத்தும் நிலைக்குக் கொண்டுவருகின்றன. ஆகவே, அதிக அளவு எதிர்க்குறித் துடிப்புகள் (மிகமிகக் குறுகிய கால அளவுடையவை) மின்குழாயின் நேர்மின்வாயில் தோன்று கின்றன.

வினுக்கள்

1. ஒரு துவக்கிச் சுற்றின் எளிய அமைப்பைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

2. எளிய நீண்ட சதுரவடிவ அலைவுகளைப் பெறுவதற்குரிய அமைப்பைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

3. சதுர வடிவ அலைவுகளை உண்டாக்குவதற்குரிய மின் சுற்றைப் படத்துடன் விளக்குக.

4. நீண்ட செவ்வக வடிவத் துடிப்புகளிலிருந்து குறுகிய நேரத் துடிப்புகளை எவ்வாறு பெறுவாய் ?

5. ஒரு பகுமின் சுற்றைப் படத்துடன் விளக்குக. இந்தச் சுற்றிலிருந்து ஈட்டி முனைத் துடிப்புகளை எவ்வாறு பெறுவாய் ?

6. தொகுமின் சுற்றுகளைப்பற்றி நீவிர் அறிவது யாது ?

7. ஒரு தளர் அலைவியற்றி, தடுப்பு அலைவியற்றி ஆகிய வற்றைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

8. ஒரு பல்லியல் அதிர்வியின் அமைப்பைப்பற்றி எழுதுக.

9. சிறு குறிப்பு வரைக :

   (a) மின் எழு — விழு சுற்று.

   (b) கிப் அஞ்சல்.

   (c) ராடாரில் பண்பிறக்கம்.

10. எல்லாவகைத் துவக்கிச் சுற்றுகளிலும் துடிப்புச் சுற்றி களிலும் அடிப்படைக் கூறுகள் (basic components) ஒரே மாதிரியானவை. இதைப் படங்கள்மூலம் விளக்குக.

11. செய்திகள் அனுப்புவதில் துடிப்புகள் தொழிற்படும் முறையை நாளுக்கு நாள் அதிக அளவில் பயன்படுத்து கிறோம். அடுக்க நிற மாலையில் (frequency spectrum) எந்தப் பகுதியில் இம் முறை மிக உயர்ந்ததாகக் கருதப் படுகிறது ? ஏன் ?

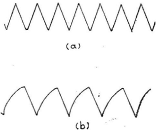
12. 'துடிப்புகளை நீருக்குள் செலுத்திப் பொருள்களின் இருப் பிடத்தை அறிவதும் அவற்றின் தூரத்தை நிர்ணயிப் பதும் அண்மைக் கால முன்னேற்றங்களாகும். துடிப்புகளை நீருக்குள் செலுத்தும்போது அவற்றின் அடுக்கங்கள் ராடாரில் பயன்படும்போது உள்ள அடுக்கங்களைவிடக் குறைவாக இருக்கவேண்டும்.' ஏன்?

16. இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகள்

(Saw-tooth Generators)

எதிர்மின் கதிர்க்குழாயைப்பற்றிப் பார்க்கும்போது இரம்பப் பல் அலைவியற்றிகள்பற்றிச் சிறிது பார்த்தோம். ராடாரின் தொழிற்படுமுறையில் இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகள் மிக முக்கியப் பங்கு வகிப்பதால், அவைகளைப்பற்றி விரிவாக இங்குக் காண்போம்.

துடிப்புச் சுற்றுகளின் மாறிலிகளையும் மின் அழுத்தங்களையும் தக்கபடி மாறுதல் செய்து படம் 16.1 ல் காட்டியுள்ள அலை வடிவங்களில் எதைவேண்டுமானாலும் உண்டுபண்ணலாம்.



படம் 16.1
இரம்பப்பல் அலைவடிவங்கள்

இந்த வடிவ அலைகள் காலவடிச் சுற்றுகளில் முக்கிய அங்கம் வகிக்கின்றன. இவை ராடாரின் தொழிற்படும் முறையில் அடிப்படைக் கோட்பாடுகளில் ஒன்றாகும்.

இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகள் மின்தேக்கிகளின் மின்னூட்டம், மின்னிறக்கம் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் வேலைசெய்கின்றன. இவற்றில் ஒரு தகுந்த துவக்கிச் சுற்றும் சேர்க்கப்படுகிறது. எனவே, மின்தேக்கி ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கு மிக மெதுவாக மின்னூட்டம் பெறுகிறது. பிறகு மிக விரைவாக மின் இறக்கம் அடைகிறது.

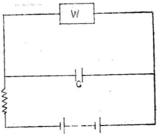
ஒரு மின்தடை வழியாக மின்னூட்டம் அடைகின்ற ஒரு மின்தேக்கி உயர் மின்னழுத்தத்தின் உச்ச அளவை உடனே அடைவதில்லை; மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே 't' விநாடிகளுக்குப் பிறகு ஏற்படுகின்ற மின்னழுத்தம், கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது என முன்னரே பார்த்தோம்.

$$Ve = V\left(1-e^{t/cR}\right)$$

சுவிட்சு (switch) 'S'-ஐ மூடும்பொழுது மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் கிடையாது. 'R' என்ற மின்தடைக்கு இடையேயுள்ள மின்னோட்டம் ஓமின் விதிப்படி (Ohm's law) V/R என்பதால் பெறப்படுகிறது. மின்தேக்கி முழு அளவில் மின்னூட்டம் பெறும்பொழுது, சுற்றில் மின்னோட்டம் சுழி ஆகிறது. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் 'V' ஆகிறது. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் உயரும் முறை படம் 15.9 ல் ஏற்கெனவே விளக்கப்பட்டுள்ளது.

ஓர் அடிப்படை இரம்பப்பல் அலைவியற்றியின் அமைப்பு படம் 16.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்தடைவழியே மின்தேக்கி மின்னூட்டம் பெற்று அதன் தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் உயர்கிறது. சில விநாடிகளுக்குப் பிறகு துவக்கிச் சுற்று 'W' வேலைசெய்ய ஆரம்பிக்கிறது. இது முன்னரே திறந்த சுற்று (open circuit). இந்த மின்தேக்கியில் இப்பொழுது ஒரு குறுக்குச் சுற்றை (short circuit) ஏற்படுத்துகிறது. 'W' வழியே மின்தேக்கி விரைவாக மின்னிறக்கம் அடைகிறது. சில விநாடிகளுக்குப் பிறகு 'W' மறுபடியும் வேலைசெய்யத் தொடங்கி ஈறிலா (infinite) மின் எதிர்ப்பைக் கொடுக்கிறது. இரம்பப்பல் அலைவியற்றியில் துவக்கிச் சுற்று மிக முக்கியமானது. ஏனெனில் அது குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளில் மின் சுற்றை இயக்கவும் நிறுத்தவும் செய்கிறது. அதனால் மின்தேக்கி மாறி மாறி மின்னூட்டமும் மின்னிறக்கமும் அடைவதால் அதன் தகடுகளில் உள்ள மின்னழுத்தம் படம் 16.1 b-ல் உள்ளதுபோல் மாறுபடுகிறது.

இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகளில் இரு வகைகள் உண்டு. (1) தானே இயங்கும் இரம்பப்பல் அலைவியற்றி (self-running saw-tooth generator), (2) தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றி (distant-controlled saw-tooth generator). இவை வெவ்வேறு



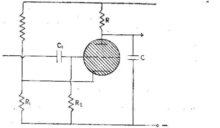
படம் 16.2
இரம்பப்பல் அலைவியற்றி

இயக்கச் சுற்றுகளாகும். ஒருவகை, துவக்கிச் சுற்றுகளோ, இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்புகளோ இல்லாத நிலையில் இயங்க மாட்டா. மற்றொரு வகை, இவற்றைத் தானே தயாரித்துக் கொள்ளும். தொலைவியக்க அலைவியற்றிகள் ராடாரில் அதிக அளவு பயன்படுகின்றன. தாமே இயங்கும் அலைவியற்றிகள் ஆஸிலாஸ்கோப்புகளில் பயன்படுகின்றன.

வாயு நிரப்பப்பட்ட டிரயோடுகள் (Gas filled triodes) :

தக்க சமயத்தில் ஒரு மின்தேக்கியை மின்னிறக்கம் செய்ய வாயு நிரப்பப்பட்ட ஒரு டிரயோடு மின்குழாய் பயன்படுகிறது. இதற்கு தைரட்ரான் என்று பெயர். இதைப்பற்றி முன்னரே சிறிது பார்த்தோம். கோட்பாட்டில் இது சாதாரண டிரயோடு மின்குழாயை எல்லாவிதத்திலும் ஒத்தது ; ஆனால், மின் குழாயி லுள்ள மந்த வாயுவினுல், அயனி ஆக்கம் நிகழும்போது நேர்மின் வாய் மின்னோட்டம் மிக அதிக அளவு உயருகிறது. இது மின் குழாய் கடத்த ஆரம்பித்தவுடனே நடைபெறுகிறது. கிரிடு மின் னழுத்தம் தீர்மானிக்கிற நேர்மின்வாய் மாறுநிலை மின்னழுத்தத்

துக்குக் கீழே நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் மிக மிகக் குறைவு. ஆனால், நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் மாறுநிலையளவை அடையும் போது மின்குழாயிலுள்ள வாயு அயனி ஆக்கம் அடைந்து மின் குழாய் வேலை செய்யத் தொடங்குகிறது. இப்பொழுது நேர்மின் வாய் மின்னோட்டம் அதன் மின்னழுத்தத்தையும் தன்மின் சுற்றின் மின் எதிர்ப்பையுமே பொறுத்து அமைகின்றது. நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் கிரிடு மின்னழுத்தத்தைச் சிறிதும் சார்ந்திருப்ப தில்லை. இத்தகைய மின் கடத்தல் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை அயனி ஆக்க மின்னழுத்த மதிப்பிற்குக் கீழே குறைப்பதாலும் அதே நிலையில் அயனி நீக்கம் நிகழ்கின்றவரையில் மின்னழுத் தத்தை வைத்திருப்பதாலும்மட்டுமே தடைசெய்யப்படக்கூடும். மின்குழாய் வேலை செய்யத் தொடங்கியவுடனே நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் (மின்குழாயில் மின்னழுத்த பேதம்) 20 அல்லது 30 வோல்ட்டுகளில் நிலையாக மாறுமல் இருக்கின்றது. பிறகு ஒரு சிறிய மின்தடையுடனும், உயர் மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமான நிலையான மின்னழுத்தத்துடனும் தொடர் இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்ட ஒரு தானே இயங்கும் சுவிட்சுக்கு மின் குழாயுடன் தொழிற்படும் முறை ஒப்பாக அமைகின்றது.

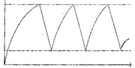


படம் **16.3**

தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றி

படம் **16·3.** மந்தவாயு நிரப்பப்பட்ட மின்குழாயைக் கொண்ட தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலைவிற்றியின் அமைப்பைக் காட்டு கிறது.

R_1 என்ற மின்தடையில் ஏற்படும் மின் அழுத்தத்தினல் மின் குழாய் துண்டிக்கப்படுகிறது. 'R' என்ற மின்தடை வழியே 'C' என்ற மின்தேக்கி மின்னூட்டம் பெறுகின்றது. இந்த மின்னூட்டச் சுற்றின் ஒரு நிலையில் ஒரு குறுகிய நேர்க்குறித் துடிப்பு C_1, R_2 வழியே மின்குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படு கிறது. எனவே, மின் குழாயின் கிரிடிலுள்ள எதிர்மின்னழுத்தம் குறைகின்றது. மின்குழாய் மின் ஓட்டத்தைக் கடத்த ஆரம்பிக் கின்றது. கடத்தல் ஆரம்பிக்கப்பட்டவுடன் 'C' என்ற மின் தேக்கி அயனி ஆக்கம் நிகழ்ந்த வாயுவினூடே மின்னிறக்கம் அடைவதால் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் குறைகின்றது. வாயு அயனி இறக்கம் (de-ionisation) அடைந்து மின்குழாயின் மின் அழுத்த பேதத்திற்கு மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் ஏறக்குறைய சமமானவுடன் மின்குழாய் வேலை செய்வது நின்றுவிடுகிறது; மின்தேக்கி திரும்பவும் மின்னூட்டம் அடைகிறது. இந்த முறை அடுத்த துவக்கித் துடிப்பு வந்தவுடன் திரும்பவும் நிகழ்கிறது. படம் 16.4 மின்தேக்கி மின்னழுத்தம், காலத்துடன் வேறுபாடு



படம் 16.4
மின்தேக்கி மின்னழுத்தமும் காலமும்

அடையும் முறையை விளக்குகிறது. இங்கு மின்தேக்கி மின் னூட்டம் அடைவதற்குத் தேவையான நேரத்துடன் ஒப்பிடும் போது மின்னிறக்கம் தேவையான நேரம் மிக மிகக் குறைவாகும்.

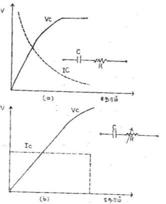
எனவே, மின்னழுத்தம் அலைவடிவைப் பெறுகின்றது. இதனுடைய அடுக்கமும் துவக்கித் துடிப்பின் அடுக்கமும் ஒன்றுகும்.

இந்தத் தொலை இயக்கச் சுற்றை ஒரு தானே இயங்கும் சுற்றாக மாற்றலாம். அப்பொழுது அதனுடைய அடுக்கம்

$$f = \frac{1}{CR \cdot \log_e \left(\frac{E-Ea}{E-Eb}\right)}$$ என்ற சமன் பாட்டினுல்

பெறப்படுகிறது. மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் மின்குழாயின் கடத்தல் மின் அழுத்தத்திற்குச் சமம் ஆகும்பொழுது மின்குழாய் கடத்த ஆரம்பிக்கிறது. ஆகவே, மின்தேக்கி மின்னிறக்கம் அடைகிறது. எனவே, இங்குத் துவக்கித் துடிப்புகள் தேவையில்லை. மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் மின்குழாயின் மின்னழுத்த பேதத்திற்குச் சமமானவுடன் மின்குழாய் வேலை செய்வது நின்றுவிடுகிறது. பிறகு அடுத்த சுற்று துவங்குகிறது. மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் 'E' என்பது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம்; E_b என்பது மாறுநிலை நேர்மின்வாய்த் துவக்க மின்னழுத்தம்; E_a என்பது மின்குழாயில் மின்னழுத்த பேதமும் ஆகும். இவற்றுக்கு இடையேயான தொடர்பு படம் 16·4 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

துவக்க மின்னழுத்தத்தைவிட உயர்மின்னழுத்தம் சிறிதளவே அதிகமாயிருக்கும்போது மின்தேக்கியின் மின்னழுத்த வடிவம்



படம் 16.5

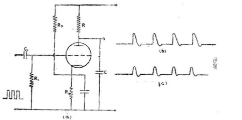
மின்னழுத்த பெண்டோடில் மின்னோட்டமும் காலமும்

எக்ஸ்பொனென்ஷியலாக இருக்கிறது; நேர்க்கோட்டு உருவத்தில் இருப்பதில்லை. மின்னூட்ட மின்னோட்டத்தை ஒரு நிலையில்

நிறுத்தி மின்னழுத்தம் முழுவதுமாக அதிகரிக்கின்றவரையில் மின்தேக்கியின் மின்னூட்டத்தை நேர்க்கோட்டு முறையில் வைக்கலாம். அதாவது 16·3 ல் உள்ள மின்தடை 'R' மின்னூட்டம் நிகழ்கின்ற முழு நேரத்திலும் மாறிக்கொண்டே இருக்க வேண்டும். இதை மின்தடை R க்குப் பதிலாக ஒரு தெவிட்டு நிலை டயோடையோ (saturated diode) அல்லது ஒரு மின்னழுத்த பென்டோடையோ (voltage pentode) உபயோகப்படுத்திப் பெறலாம். இங்கு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் குறைவாக இருக்கும்போது அதன் மின்னோட்டமும் குறைவாக இருக்கும். நவீன மின்னழுத்த பென்டோடுகளில் இந்த மின்னழுத்தம் 30 அல்லது 40 வோல்ட்டுகள் அளவில் இருக்கும். நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் அதன் மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்திருக்காது. எனவே, மின்னூட்ட மின்னோட்டம் ஏறக்குறைய ஒரு மாறிலியாக இருக்கின்றது. இதில் கிடைக்கின்ற மின்னோட்டத்தின் அமைப்பு படம் 16.5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அதிவெற்றிடக் குழாய்கள்:

வாயு நிரப்பப்பட்ட டிரயோடுகளுக்குப் பதிலாக அதிவெற்றிட மின் குழாயைப் பயன்படுத்தியும் மேலே சொல்லப்பட்ட தொலை வியக்க இரம்பப்பல் இயற்றிக்கு ஒப்பான இயற்றிகளை அமைக்க லாம். இத்தகைய சுற்று படம் 16.6a-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 16.6

அதிவெற்றிடக் குழாய் இரம்பப்பல் அலையியற்றி

இங்கு, மின்குழாய் R_2, R_3 என்ற மின்தடைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தத்தால் ஒரு சார்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது எனவே, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் இரம்பப்பல்லின்

உயர் மின்னழுத்த மதிப்பை அடைகின்றவரையில் நேர்மின்வாய் மின்னேட்டம் நிகழ்வதில்லே. மின்தடை R-ன் வழியே C என்ற மின்தேக்கி மின்னூட்டம் பெறுகின்றது. எனவே, அதனுடைய மின்னழுத்தமும் மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கின்றன. இப்பொழுது ஒரு நேர்க்குறித் துவக்கித் துடிப்பு வந்து கிரிடு மின்னழுத்தத்தைச் சுழியாக்குகின்றது.

மின்குழாய் உடனே கடத்த ஆரம்பித்து மின்தேக்கியை மின்னிறக்கம் செய்கின்றது. கிரிடுத் துடிப்பின் முடிவில் இந்த மின்வாய் எதிர்க்குறியாக மாறி மின்குழாயைக் கடத்துவதனின்றும் தடுக்கிறது. எனவே, மின்தேக்கி மின்னூட்டம் பெறுகின்றது. அடுத்தடுத்துத் துடிப்புகள் வரும்பொழுது இவை திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கின்றன. இதில் முக்கியமானது என்னவென்ருல் துவக்கித் துடிப்புகள் யாவும் ஒரே அகலம் உள்ளவையாகவும், ஒரே வீச்சு உடையனவாகவும் இருத்தல்வேண்டும் என்பதே. ஒரு சில துடிப்புகள் மற்றவற்றைவிடச் சிறியனவாக இருந்தால் மின்குழாய் கடத்தும்பொழுது மின்தேக்கி முழுவதுமாக மின்னிறக்கம் அடையாது. எனவே, சில இரம்பப்பல் அலைவுகள் மற்றவைகளைவிட வேறுபட்ட மின்னழுத்தத்தில் துவங்க ஆரம்பிக்கும். இந்த வேறுபாடு அதிக அளவு மின்னழுத்தத்தில் நிகழும். இதைப் போலவே ஒரு துடிப்பு மற்றதைவிட நீளமாக இருந்தால் மின்தேக்கி வழக்கத்திற்கு அதிகமாக மின்னிறக்கம் அடைந்து சில இரம்பப்பல் அலைவுகள் மற்றவற்றைவிடக் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் தொடங்கிவிடும்.

தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலையியற்றிகள், துவக்கித் துடிப்புகள் இருக்கும்போதுமட்டுமே வேலை செய்யும். தொலைக் காட்சி, ராடார் போன்றவற்றில் செய்முறைகளிலும், சோதனைகளிலும் துவக்கித் துடிப்புகளுக்குப் பதிலாகத் தற்காலத்தில் தாமே இயங்கும் இரம்பப்பல் அலையியற்றிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். சில சமயங்களில் போலியான (dummy) அல்லது துணைத் துடிப்புச் (subsidiary) சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி இரம்பப்பல் அலைவு தொடர்ந்து நிகழும்படி செய்கின்றனர்.

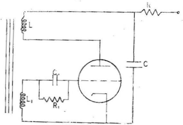
துவக்கித் துடிப்புகளின் வடிவம் :

மின்சுற்றில் கொடுக்கப்படுகின்ற துவக்கித் துடிப்புகளின் வடிவங்கள் யாவும் செவ்வகமாக இருத்தல் வேண்டும். குறைந்தது துடிப்புகளின் துவக்க முனைகள் செம்மையான வடிவத்தைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். துடிப்பு உருக்குலைவு அடைந்திருந்தால்கூடத் துவக்கமுனைச் செவ்வக வடிவில் இருந்தால் துவக்கற்பலன் நன்ருக

இருக்கும். இது படம் 16.6 b-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படம் 16.6 c-ல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் துடிப்பு அதிக அளவு உருக் குலைந்து இருந்தால் பிழையான இரம்பப்பல்லையே உண்டாக்கும். ராடாரின் ஓர் இரம்பப்பல் அலைவு நிகழ்வதில், ஒரு வினாடியில், ஒரு மில்லியனில் ஒரு பங்கு பிழை நிகழ்வதால்கூடத் தூரங்களை நிர்ணயிப்பதில் ஒரு மைலில் பத்தில் ஒரு பங்கு பிழை நேர்ந்து விடும்.

தாமே இயங்கும் இயற்றிகள் :

படம் 16.3 இல் காட்டப்பட்டுள்ள முறையில் ஒரு வாயு நிரப் பப்பட்ட மின்குழாயைப் பயன்படுத்தி, ஒரு தானே இயங்கும் இரம்பப்பல் இயற்றியை அமைக்கலாம். இத்தகைய சுற்று தன்னைத் தானே துவக்கிக் கொள்கிறது. உயர் அடுக்கங்களில் நிலையாக இருப்பதால், இத்தகைய சுற்றுகளில் கடின மின் குழாயைத் (hard valve) தற்காலத்தில் பயன்படுத்துகின்றனர். இவை வாயு நிரம்பிய குழாய்களைப்போலவே திறமையாக வேலை செய்கின்றன. இத்தகைய ஒரு சுற்றின் அமைப்பு படம் 16.7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு ஒரு தடுப்பு அலைவியற்றி மின்



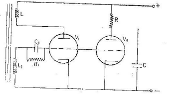
படம் 16.7
தானே இயங்கும் இரம்பப்பல் அலைவியற்றி

தேக்கியின் மின்னூட்டத்தையும் மின்னிறக்கத்தையும் கட்டுப் படுத்துகிறது. சாதாரணமாக C மின்னிறக்கம் அடையும்போது நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் மிகக் குறைவாகவும், கிரிடில் மின் னழுத்தம் எதிர்க்குறியாகவும் இருக்கின்றன. இதற்குக் காரணம் C_1 என்ற மின்தேக்கியிலுள்ள மின்னூட்டமேயாகும். இப்போது

Rன் வழியே C மின்னூட்டம் பெறுகிறது. எனவே, நேர்மின் வாய் உயர் மின்னழுத்த மதிப்பைப் பெறுகிறது. அதே சமயத்தில் R_1 வழியே, C_1 மின்னிறக்கம் அடைகிறது. இப்போது கிரிடு மின்னழுத்தம் தெவிட்டு நிலை மதிப்பைப் பெறுகிறது.

உடனே, மின்குழாய் மின்மாற்றியின் L, L_1 சுற்றுகளினுலான நேர்மின்வாய் கிரிடு இணைப்பினுல் அலைவுற ஆரம்பிக்கிறது. நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் C-ஐ மின்னிறக்கம் செய்து மின் குழாய்வழியே ஓடுகிறது. முதல் அரைச்சுற்றிற்குப் பிறகு கிரிடு, எதிர்மின்வாய்த் திருத்தியின் காரணமாக கிரிடு மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. இப்பொழுது C_1-ல் உருவாகும் உயர்ந்த அளவு எதிர் மின்னழுத்தத்தினுல் மின்குழாய் துண்டிக்கப்படுகிறது. பிறகு இந்த மாற்றம் திரும்ப நிகழ்கிறது. எனவே, ஒரு தொடர்ச் சியான இரம்பப்பல் அலை C-ன் தகடுகளுக்கிடையே உருவாகிறது.

இத்தகைய சுற்றின் அடுக்கம் முக்கியமாக இடைவாய்ச் சுற்றின் நேர மாறிலியாலும் இரம்பப்பல் மின்னழுத்த அலையின் வீழ்ச்சியினுலும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. இந்தச் சுற்றில் ஓர் இடையூறு உள்ளது. அதாவது நேர்மின்வாயை இணைக்கின்ற கம்பிச்சுருள் L, மின்தேக்கி C-யின் மின்னிறக்கப் பாதையில் இருப்பதால் மின்னிறக்க நேரம் அதிகரிக்கிறது. இதனுல் அதிகப் படியான ஊறு விளைவதில்லை. இருந்தபோதிலும் இத்தகைய



படம் 16.8
துவக்கித்துடிப்பு இயற்றியும் இரம்பப்பல் இயற்றியும்

சுற்றுகள் ராடாரில் பயன்படுவதால், படம் 16.8ல் காட்டப் பட்டுள்ள சுற்றைப் பயன்படுத்தி இந்தச் சிறிய ஊறினையும் நீக்கி விடலாம். இங்கு V_1 முன்போலவே தடுப்பு அலையியற்றியாகப் படுகிறது. இதனுடைய C_1 R_1-ன் மதிப்பினுல் கட்டுப்படுத்தப்

பயன்படுகிறது. V_2 மின்னிறக்க மின்குழாய். சுருக்கமாக, V_2 வைத் தொலைவியக்க இரம்பப்பல் இயற்றியாகவும், V_1-ஐக் குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளில் துவக்கித் துடிப்புகளைக் கொடுக்கின்ற சாதனமாகவும் கருதலாம்.

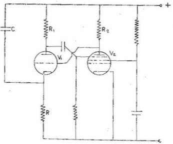
மேலே சொல்லப்பட்ட சுற்றில் பல மாறுதல்களைச் செய்யலாம். ஒரு கடின மின்குழாய் இயற்றியில் கம்பிச் சுருளைக்கொண்டு பின்னூட்டம் அளிக்கவேண்டிய தேவையும் இல்லை. நேர் மின்வாய் கிரிடுச் சுற்றுகளுக்கிடையில் ஒரு மின்தடை, மின்தேக்கி இணைப்பைக் கொடுத்தும் இதே விளைவை உண்டாக்கலாம். ஆனால், இம் முறையில் நேர்க்குறி முறையில் பின்னூட்டம் செய்வதற்குத் தேவையான கட்டபேதத்தை உண்டாக்க ஓர் அதிகப்படியான மின்குழாயைப் பயன்படுத்தவேண்டும்.

பக்கிள் (Puckle) என்பவரால், கொடுக்கப்பட்ட மின்சுற்று இத்தகைய வகையில் மிகச் சிறந்ததாகும். இது பல்வியல் அதிர்வியின் தத்துவ அடிப்படையில் வேலை செய்கிறது. இதனுடைய அமைப்பு படம் 16.9 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு இரண்டு மின்குழாய்கள் உபயோகத்திலுள்ளன. V_1 என்ற மின்குழாய் மின்னிறக்கியாகவும் V_2 என்ற மின்குழாய் துணை மின்னிறக்கி அல்லது கட்ட மின்னிறக்கியாகவும் பயன்படுகின்றன. மின்தேக்கி C, மின்தடை R ஆகியவை மின்னூட்டச் சுற்றை உருவாக்குகின்றன. இந்தச் சுற்று கீழ்க்கண்ட விதத்தில் தொழிற்படுகின்றன.

C, R வழியே மின்னூட்டம் பெறுகிறது. எனவே, V_1 இன் நேர்மின்வாயைப் பொறுத்து எதிர்மின்வாய்க்கு மேலும் மேலும் எதிர் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. V_1 ன் கிரிடு தேவையான அளவு எதிர் மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இது V_2 மின்குழாயின்வழியே செல்கின்ற நிலையான மின்னோட்டம் மின்தடை R_2 ல் மின்னழுத்த பேதத்தை உண்டாக்குவதால் சாத்தியமாகிறது. V_1 ன் எதிர்மின்வாய், தேவையான அளவு எதிர் மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றவுடன், இது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும். எனவே, R_1 ல் ஒரு மின்னழுத்தபேதம் உண்டாகும். இந்த எதிர்க்குறித் துடிப்பு V_2 வின் அடக்குகிரிடை எதிர்க்குறியாக்கும். எனவே, மின்குழாய் மறுபடியும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்ட வெட்டுநிலைக்குக் கொண்டு செல்லப்படும். இதனால் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும். இந்த மின்னழுத்த உயர்வு V_1 ன் கிரிடுக்கு மாற்றப்படும். இது தொடர் விளைவாக இருப்பதால் மின்தேக்கி C இந்த மின்குழாய்வழியே விரைவாக மின்னிறக்கம் அடைகிறது. அது முழுவதுமாக மின்னிறக்கம்

அடைந்தவுடன் R_1 வழியே செல்லும் மின்னோட்டமும் நின்று விடுகிறது. இவை திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கின்றன.

R_1 ன் மதிப்பு V_2 வின் அடக்கு கிரிடிலுள்ள துவக்கித் துடிப்பின் வீச்சைப் பாதிக்கிறது. மேலும் மின்தேக்கி C யின் மின்னிறக்க நேரத்தை அதிகரிக்கிறது. C ல் உண்டாகிற இரம்பப்பல் அலையின் வீச்சு மின்னூட்ட ஆரம்பத்தில் V_1 என்ற மின் குழாயின் கிரிடில் உள்ள எதிர்மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்திருக் கிறது. இந்த எதிர்மின்னழுத்தம் V_2 வின் நேர் மின்வாய்ச் சுற்றிலுள்ள R_2 என்ற மின்தடையைப் பொறுத்துள்ளது.

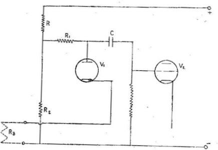


படம் 16.9
பக்கிள் சுற்று

இந்தச் சுற்றிலும் ஓர் இடையூறு உள்ளது. அதாவது V_1ன் எதிர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் இரம்பப்பல் மின்னழுத்தத்தில் மாறுகிறது. சூடுபடுத்தும் கருவியைப் புவியுடன் இணைத்தால் ஏறக்குறைய முழு உயர் மின்னழுத்தம் சூடுபடுத்தும் கருவிக்கும் எதிர்மின்வாய்க்குமிடையே இருக்கும். எனவே, இந்த மின்வாய் களுக்கிடையேயான காப்பு (insulation) உடைந்துவிடும். நடை முறையில் V_1 க்கு ஒரு தனி சூடுபடுத்தும் கருவியைப் பயன் படுத்துகின்றனர். இதனுடைய திறன் மிகக் குறைந்த அளவில் வைக்கப்படும்.

தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகளில் துவக்கித் துடிப்புகளின் வீச்சுகள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குள் இருக்க

வேண்டும். துடிப்புகளின் வீச்சுகள் மாறிக்கொண்டும், தேவைக்கு மேல் பெரியனவாகவும் இருந்தால் அவற்றைக் கட்டுப்படுத்த ஒரு மின்சுற்றை உபயோகிக்கின்றனர். இத்தகைய சுற்றின் அமைப்பு படம் 16.10-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு V_1 என்ற டயோடு துடிப்பைக் கட்டுப்படுத்தும் குழாய் ஆகும். இது V_2 என்ற இரம்பப்பல் அலைவியற்றிக்கு ஆற்றலை ஊட்டுகிறது. இந்தச் சுற்றில் டயோடு கடத்துவதால் R, R_1 என்ற மின்தடைகளில் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. டயோடு, அகமின்தடை R_3 ஆகியவற்றிலும் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. R, R_1 இவற்றின் மதிப்புகள் மின்குழாயின் கடத்தும் மின்தடை மதிப்போடு ஒப்பிடும்பொழுது மிக அதிகமானவை. எனவே, R_3-யின் அகமின்தடை மிகக்



படம் 16.10

துடிப்பு வரம்புச் சுற்று

குறைவானது. V_1 என்ற மின் குழாயில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் புவி மின்னழுத்தத்தைவிடச் சிறிதளவே அதிகமாக இருக்கும். டயோடின் எதிர்மின்வாயில் ஒரு துடிப்பைக் கொடுக்கும்பொழுது இந்த மின்வாயின் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் R_1 R_2 என்ற சந்திப்புகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும்வரையில் இந்த அதிகரிப்பு நீடிக்கிறது. R, R_2 இவற்றைத் தேர்ந்தெடுத்து இந்த மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பை நிர்ணயிக்கிறோம். இந்த அளவு

வரையில் Cக்குக் கொடுக்கப்பட்ட துடிப்பின் மின்னழுத்தமும் உயரும். V_1-ன் எதிர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் இந்த மதிப்பைத் தாண்டியவுடன் நேர்மின்வாயை எதிர்க்குறியாக்குகிறது. டயோடு வேலை செய்வது நின்றுவிடுகிறது. இதற்குமேல் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் உயர்வதில்லை. துவக்கித்துடிப்பு முடிந்தவுடன் டயோடு வழியே மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. இப்போது எதிர்மின் வாய் மின்னழுத்தம் நேர்மின்வாயின் தற்போதைய மின்னழுத் தத்தைவிடக் குறைகிறது. பிறகு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தமும் சிதைவுற்ற துடிப்பின் மின்னழுத்தத்தை மீதி நேரத்தில் பின்பற்று கிறது.

வினுக்கள்

1. ராடார் தொழிற்படும் முறையில் இரம்பப்பல் அலை வியற்றிகளின் பங்கை விவரி. இவற்றின் அடிப்படைத் தத்துவம் யாது ?
2. ஓர் அடிப்படை இரம்பப்பல் அலைவியற்றியின் அமைப் பைப் படம்வரைந்து விளக்குக.
3. ஒரு தைரட்ரான் மின்குழாய் இரம்பப்பல் அலைவியற்றியில் எவ்வாறு தொழிற்படுகிறது ?
4. மந்தவாயு நிரப்பப்பட்ட ஒரு மின்குழாயைக் கொண்ட ஒரு தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றியின் அமைப்பைப் படத்துடன் விளக்குக.
5. இரம்பப்பல் அலைவியற்றிகளில் அதிவெற்றிடக் குழாய்கள் எவ்வாறு பயன்படுகின்றன ?
6. ஒரு தானே இயக்கும் இரம்பப்பல் அலைவியற்றியை மின்சுற்றுடன் விளக்குக.
7. 'ஒரு தொலைவியக்க இரம்பப்பல் அலைவியற்றியில் துடிப்புகளின் வீச்சு மாறிக்கொண்டும் பெரியதாகவும் இருக்கிறது' அதை எவ்வாறு கட்டுப்படுத்துவாய்?
8. சிறு குறிப்பு தருக :

   (a) தைரட்ரான் மின்குழாய்.

   (b) ஒரு மின்தேக்கியின் மின்னூட்டமும் மின் னிறக்கமும்.

   (c) துவக்கிச் சுற்றுகள்.

   (d) நேர்க்கோட்டுக் காலவடி.

17. துடிப்புப் பரப்பிகள்

(Pulse Transmitters)

இந்தப் பகுதியை இரு முக்கிய பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்றில் துடிப்புகளைப் பரப்பும் முறைகளைப்பற்றிப் பொதுவாகக் கூறப்படும். மற்றப் பகுதியில் ரேடியோ அடுக்க அலைவுகளை உற்பத்திசெய்யும் முறைகளைப்பற்றியும் அம் முறைகளில் ஏற்படும் இன்னல்களைப்பற்றியும், அந்த இன்னல்களைப் போக்கும் முறைகளைப்பற்றியும் கூறப்படும். இங்குப் பரப்பப்படுகின்ற அலைகள் மிகமிகக் குறுகிய அலை நீளங்களை உடையவை.

ராடார் பரப்பிகளில் குறுகிய ரேடியோ அடுக்கத் துடிப்புகள் தொடர்ச்சியாக உண்டுபண்ணப் படுகின்றன. ஒவ்வொரு துடிப்பும் நன்ருகக் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட வரையறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. ராடார் பரப்பியும் பொதுவாக ரேடியோ பரப்பிகளைப்போலவே அமைந்துள்ளன. இந்தப் பரப்பிகளில் ஓர் ஆளுகை அலையியற்றி (master oscillator), திறன் பெருக்கி (power amplifier), பண்பேற்றி (modulator) ஆகியவையுள்ளன. ரேடியோ பரப்பிகளில் உள்ள பண்பேற்றிகளில் பயன்படும் ஒலிபெருக்கிக்குப் (microphone) பதிலாக இங்குத் துடிப்புச் சுற்றுகள் பயன்படுகின்றன. பண்பேற்றம் என்ற சொல் இங்கு அவ்வளவாகப் பொருத்தமில்லை. ஆயினும், அந்தச் சொல்லே பொதுவாகக் கையாளப்படுகிறது. ஏனெனில், மாற்றுச் சொற்கள் இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. ராடார் தொழிற்படு முறையில் மிக அதிக அளவு திறன் தேவைப்படுகிறது. ஏனெனில் இலக்கிலிருந்து திருத்தப்பட்ட சைகை (signal) யின் வலு ராடார் பரப்பிக்கும் இலக்கிற்கும் இடையில் உள்ள தூரத்தின் இருமடிக்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது. சாதாரண ரேடியோவில் சைகையின் வலு தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது என்பது நாம் அறிந்த தொன்ருகும். ஏனெனில் சாதாரண ரேடியோவில் சைகை

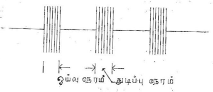
ஒரு திசையில்தான் செல்கிறது. ஆனல், ராடாரில் சைகை ஒரு திசையில் அனுப்பப்பட்டு மறுபடியும் அதே திசையில் எதிரொளிக்கப்படுவதால் அது அதே தூரத்தை இரு தடவை கடக்கிறது.

பரப்பியிலிருந்து வானத்தில் மிதக்கும் ஒரு பலூனை நோக்கிச் சைகையை அனுப்பும்பொழுது, பலூனில் சைகையின் வலு பரப்பிக்கும் பலூனுக்கும் இடையில் உள்ள தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது. இந்தச் சைகையினுல் பலூன் கிளர்ச்சி (excite) அடைகிறது. உடனே அது சைகையைத் திரும்ப வீச ஆரம்பிக்கிறது. இந்தச் சைகை ஏற்பி (receiver) யை அடைகிறது. ஏற்பியில் சைகையின் வலு பலூனுக்கும் ஏற்பிக்கும் இடையிலுள்ள தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது. எனவே, பரப்பியிலிருந்து பலூனை நோக்கிச் சைகை வீசப்படுவதையும், பலூனிலிருந்து ஏற்பியை நோக்கிச் சைகை திரும்ப அனுப்பப்படுவதையும் ஒன்ருகக் கணக்கிட்டால், ஏற்பியில் சைகையின் வலு பரப்பி அல்லது ஏற்பிக்கும் பலூனுக்கும் இடையிலுள்ள தூரத்தின் இரு மடிக்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்கும். ராடாரில் ஒரே ஏரியல் பரப்பியாகவும் ஏற்பியாகவும் தொழிற்படுகிறது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இவ்வாறு சைகை இரு திசையிலும் செல்லவேண்டியிருப்பதால் அது பரப்பியிலிருந்து அனுப்பப்படும்பொழுது மிக அதிக மின்திறனைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். மேலும் இலக்குகளை (targets) அவற்றின் பயனுறு திருப்ப எண்களின் (effective reflection coefficient) அடிப்படையில் பல் வேறு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். இந்தப் பயனுறு திருப்ப எண்ணை ஒரு குறிப்பிட்ட இலக்குக்கு வரையறுத்துக் கூறுவது சாத்தியமன்று. ஆயினும் அது இலக்கின் பருமன், ஏரியலிலிருந்து அதன் தூரம், அது செய்யப்பட்டுள்ள மூலப்பொருள், ரேடியோ அடுக்கத் துடிப்புகளின் அடுக்கம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து இருக்கிறது. பொதுவாக அனுப்பப்படுகின்ற துடிப்புகளின் அடுக்கம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது. பொதுவாக அனுப்பப்படுகின்ற துடிப்புகளின் அடுக்கம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க இலக்குகளிலிருந்து சைகையும் சிறந்த முறையில் திரும்பப் பெறப்படுகிறது. எல்லாப் பொருள்களும் அவை மரம் போன்ற கடத்தாப் பொருள்களால் (non-conducting materials) செய்யப்பட்டிருந்தால்கூட அவை சைகையைத் திருப்பி அனுப்புகின்றன. ஏனெனில் ரேடியோ துடிப்புகள் அவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி மின்னேட்டத்தை (displacement current) உண்டு பண்ணுகின்றன. இந்த இடப்பெயர்ச்சி மின்னேட்டம் சைகையை ஏற்பியை நோக்கித் திருப்பி அனுப்புகிறது.

ராடாரில் துடிப்புகள்மூலம் சைகையை அனுப்புவதுதான் சிறந்த முறையாகும். ஏனெனில் இதில் கணிசமான அளவு மின் திறன் சேமிக்கப்படுகிறது. சைகைகளைத் தொடர்ச்சியாக அனுப்பிக்கொண்டே இருந்தால் மின்திறன் விரயமாவதுடன் எப்பொழுது அனுப்பப்பட்ட சைகையை எந்தச் சமயத்தில் திரும்பப் பெறுகிறோம் என்பதும் புரியாமல் போய்விடும். மேலும் ராடாரில் சைகை அனுப்பப்படும் நேரத்தில்தான் திறன் வீசப்படுகிறது. இந்த நேரங்கள் ராடார் தொழிற்படும் நேரத்தோடு ஒப்பிடும்பொழுது மிக மிகக் குறைவாகவே இருக்கின்றன. இதன் விளைவாக இம் முறையில் மற்ற எல்லா முறைகளைவிட அதிக மின் திறன் சிக்கனமாகப் பெறமுடிகிறது.

ஒரு மின்சுற்றின் திறனை எந்த ஒரு கனத்திலும் அச் சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனாகக் கொள்ளலாம். இது உடனடியான (instantaneous) மின்திறன் எனப்படும். மின்தடைகள் மட்டுமேயுள்ள ஒரு சுற்றில் மின்னழுத்தமும் மின்னோட்டமும், உச்சநிலையில் இருக்கும் பொழுது இந்த உடனடியான மின்திறனும் உச்சநிலையில் இருக்கும். இந்த உயர் அளவு மின்திறனுக்கு உச்ச அளவு மின் திறன் (peak power) என்று பெயர். மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும் சைன் வகையில் மாறும்பொழுது ஒரு முழுச்சுற்றில் சராசரி மின்திறன் (average) அல்லது (mean power) என்பது உச்ச மின்திறனில் பாதியாகும்.

துடிப்புப் பரப்பிகளில் உச்ச மின்திறனுக்கும் சராசரி மின் திறனுக்கு முள்ள தொடர்பு ஓர் எளிய சமன்பாட்டில் ஏற்படுகிறது.



படம் 17.1
துடிப்பு நேரமும் ஓய்வு நேரமும்

$$\text{சராசரி மின்திறன்} = \text{உச்ச மின்திறன்} \cdot \frac{\text{துடிப்பு நேரம்}}{\text{ஓய்வு நேரம்}} \quad \cdots \quad (1)$$

மின்சுற்றில் மின்னேட்டம் சைன் அலை வடிவத்தில் மிகக்குறுகிய காலத்திற்கு நிகழ்கிறது. இந்தக் குறுகிய காலத்திற்குப் பெயர் துடிப்பு நேரமாகும். பிறகு மின் சுற்றில் மின்னேட்டம் நீண்ட நேரம் நிகழ்வதில்லை. இப்படி மின்னேட்டம் நிகழாத காலம் ஓய்வு நேரம் எனப்படும். இது படம் 17.1 ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

துடிப்பு நேரத்தின் பொழுது மின்திறன் உச்ச மின்திறனைப் போல் இருமடங்கின் சராசரி மதிப்பைப் பெறுகிறது. இதுவே ஓய்வு நேரத்தின் பொழுது சுழியாகிறது. எனவே, ஓர் அலைவு நேரத்தில், அதாவது துடிப்பு நேரம், ஓய்வு நேரம் ஆகியவற்றின் மொத்த நேரத்தில் சராசரி மின்திறன் மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டிலுல் பெறப்படுகிறது.

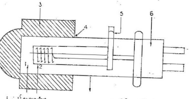
துடிப்பு நேரம் 2 மைக்ரோ வினடிகளாகவும், துடிப்புகள் ஒரு வினடியில் 1000 தடவைகளும் நிகழ்ந்தால் உச்ச மின் திறனுக்கும் சராசரி மின்திறனுக்கும் உள்ள தகவு 500 ஆகும். இவ்வாறு 150 கிலோ வாட்டுகள் உள்ள ஓர் உச்ச மின்திறன் 300 வாட்டுகள் சராசரி மின்திறனுக்கு ஒப்பாகும். திரும்பப் பெறப்படும் சைகையின் வலு பரப்பியிலிருந்து அனுப்பப்படும் துடிப்பின் மின்திறனைப் பொறுத்துள்ளது. ஆனல், துடிப்புகளை அனுப்பும்போதும் அவை திருப்பப்பட்டு மீண்டும் பெறப்படும் போதும் அதிக அளவு ஆற்றல் வெப்ப இயக்க விளைவால் விரயமாகிறது. ஆகவே, ஆற்றலைத் தொடர்ச்சியாக அனுப்பிக்கொண்டே யிராமல் சிறு சிறு துடிப்புகளாக அனுப்புவதால் மின்னாற்றல் சேமிக்கப்படுகிறது. இருந்தபோதிலும் மின்னேட்டம் நிகழ்கின்ற கம்பிகள் தகுந்தபடி காப்பிடப்படவேண்டும்.

ராடார் அலைவியற்றிகள், பருமன், தொழிற்படும் மின்னழுத்தங்கள் ஆகியவற்றில் ஒன்றிற்கொன்று பெருமளவு மாறுகின்றன. எளிய மின்குழாய்ச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தும் விமான மாதிரி (aircraft model) வகைகள் ஒரு சில நூறு வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்தங்களில் இயங்குகின்றன. நிலையான பெரிய ராடார் நிலையங்கள் மிகச் சிக்கலான மின்சுற்றுகளையும், ஏறக்குறைய 30,000 வோல்ட் மின்னழுத்தங்களையும் பயன்படுத்துகின்றன. ஏறக்குறைய எல்லாவகைகளிலும் அலைவியற்றி இசைவிக்கப்பட்ட-நேர்மின்வாய் இசைவிக்கப்பட்ட - கிரிடு வகையையே சார்ந்துள்ளது. இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றுகள் ஒத்ததிர்வுக் கம்பிகள் (resonant lines) அல்லது லெஹர் கம்பிகள் (lecher bars) மாதிரி பயன்படுகின்றன. இவற்றைப்பற்றி விரிவாக வேறோர் அத்தியாயத்தில காண்போம்.

ஏரியலிலிருந்து துடிப்புகள் விட்டுவிட்டுச் செல்லுமானல் அதாவது ஓய்வு நேரத்தில் நேர்மின்வாயிலிருந்து திறன் விரய

மாக்கப்படுவது முழுவதும் தடுக்கப்பட்டால் மின்குழாய்களைச் சூடாக்காமல் பாதுகாப்பது மிகவும் எளிதாகும். அதிக மின் திறனுள்ள நிலையான ராடார் நிலையங்களைக் கருதினால் இவற்றில் வெளிவரும் மின்திறன் உச்ச அளவு மின்னழுத்தத்தாலும், அலைவியற்றியின் எதிர்மின்வாயிலிருந்து பெறக்கூடிய உச்ச அளவு மின்னோட்டத்தாலுமே நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. எனவே, பரப்பிகளின் அலைவியற்றிகளில் அதிக வெப்ப நிலைகளைத் தாங்கக் கூடியனவாகவும் மிக உயர்ந்த ஒரு திசை, இரு திசை மின்னழுத்தங்களில் தொழிற்படக் கூடியனவாகவும் உள்ள மின்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

எனவே, பரப்பிகளில் அலைவியற்றி மின்குழாய்கள் பெரிய ஃபிலமென்டுகளை உடையனவாக இருக்கின்றன. இந்த ஃபிலமென்டுகள் தோரியம் கலக்கப்பட்ட டங்ஸ்டனால் செய்யப்பட்டுள்ளன. சில சமயங்களில் இந்த ஃபிலமென்டுகள் தூய டங்ஸ்டனாலும் செய்யப்படுவதுண்டு. இந்தக் குழாய்களில் மின்வாய்களுக்கிடையே அகன்ற இடைவெளி இருக்கும். நேர்மின்



1. ஃபிலமென்ட்
2. கிரிடு
3. நேர்மின்வாய்
4. கண்ணாடி உலோக இணைப்பு
5. கிரிடு இணைப்பு
6. அடிப்பக்கம்
7. கண்ணாடி உறை

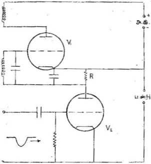
படம் 17.2
அலைவியற்றி மின்குழாய்

வாய்கள் சிறியனவாகவும் காற்றினால் குளிர்விக்கப்படுவனவாகவும் இருக்கும். பொதுவாக இந்த நேர்மின்வாய் மின்குழாயில் ஒரு மூலையிலோ அல்லது மத்தியிலோ இருக்கும். இந்தக் குழாயிலுள்ள சிறு துவாரங்கள்வழியே காற்று உட்சென்று அதைக் குளிர்விக்கும். இத்தகைய குழாய் ஒன்றின் அமைப்பு படம் 17.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இனி ராடாரில் பண்பேற்றத்தைப்பற்றிச் சிறிது பார்ப்போம். எந்த வகையாகத் துடிப்புகளைப் பண்பேற்றினாலும், அலை வியற்றியின் மின்குழாய்கள் ஓய்வு நேரத்தில் மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கக் கூடாதவகையில் சுற்றுகள் அமைக்கப்பட வேண்டும். இல்லையேல் நேர்மின்வாயில் மின்திறன் தொடர்ந்து விரயமாகிக்கொண்டே இருக்கும். மேலும் அலைவியற்றி தொடர்ந்து அலைந்துகொண்டே இருந்தால் நேர்முகக் கதிர் வீச்சால் ஏற்பி பாதிக்கப்பட்டு வலுவற்ற - எதிரொளிக்கப்பட்ட சைகைகளை உணரமுடியாமல் போய்விடும். துடிப்புப் பண்பேற்றத்தை நேர்மின்வாய் முறையிலோ அல்லது கிரிடு முறையிலோ செய்யலாம். இரண்டிலுமே ஓர் உயரடுக்க ஊர்தி அலையை உண்டுபண்ணுவதே நோக்கமாகும். இந்த ஊர்தி அலையின் நேரம் ஒன்று அல்லது இரண்டு மைக்ரோ விநாடிகளாகும். பண்பேற்றிகளில் சில நூறு வோல்ட்டுகள் வீச்சையுடைய நேர்க்குறி அல்லது எதிர்க்குறித் துடிப்புகள் எல்லாவகை அலைவுகளுக்கும் பொருந்தும்.

ஓர் எளிய கிரிடு பண்பேற்றிச் சுற்றின் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 17.3). இங்குப் பண்பேற்றிக் குழாய் V_2 வழியே ஒரு நிலையான மின்னோட்டம் செல்கின்றது. இதனால் R என்ற மின்தடையில் ஒரு மின்னழுத்தம் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் மின்குழாய் V_1 ஐத் துண்டித்து விடுகிறது. இங்குப் பண்பேற்றம் துடிப்பு எதிர்க்குறித் துடிப்பாகும். இது V_2 என்ற மின்குழாயின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே, இந்த மின்குழாய் துண்டிக்கப்படுகிறது. R என்ற தடை வழியே செல்கின்ற மின்னோட்டமும் நின்றுவிடுகிறது. எனவே, V_1 ல் உள்ள ஒரு நூற்பு மின்னழுத்தம் (bias) நீக்கப்படுகிறது. ஆகவே, அலைவுகள் திரும்பவும் தொடங்குகின்றன. பண்பேற்றித் துடிப்புகள் நீக்கப்பட்டு ஒரு நூற்பு மின்னழுத்தம் திரும்ப உண்டாகிற வரையில் இந்த அலைவுகள் தொடருகின்றன. ஒன்று அல்லது இரண்டு மைக்ரோ விநாடிகள் கால அளவுள்ள பெரிய வீச்சு பண்பேற்றித் துடிப்புகளைப் பெறுவது ஒரு கடினமான செயலாகும். இம்மாதிரி சமயங்களில் மின்குழாயின் கிரிடில் ஒரு மின்தேக்கி, ஒருமின்தடை ஆகியவற்றை இணைத்து மின்குழாயை ஒரு குறித்த முறையில் தொழிற்படுமாறு செய்கின்றனர். மின்தேக்கி, மின்தடை ஆகியவற்றைத் தகுந்த முறையில் தேர்ந்தெடுத்து மின்குழாய் தானாகவே ஒன்று அல்லது இரண்டு மைக்ரோ விநாடிகளுக்குப் பிறகு நின்றுபோகும்படி செய்யலாம். மின்குழாயின் கிரிடுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியில் ஓர் எதிர்மின்னூட்டம் சேர்வதே இதற்குக் காரணமாகும். இந்த

எதிர் மின்னூட்டம் மின்தடை வழியே கசிந்து போகும்பொழுது பண்பேற்றும் துடிப்பு நீக்கப்படுகிறது. எனவே, மின்சுற்றைச் செயலற்றதாக்கி ஒரு நூற்பு மின்னழுத்தம் திரும்பவும் பெறப்படு



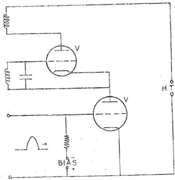
படம் 17.3

கிரிடு பண்பேற்றிச் சுற்று

கிறது. இத்தகைய அமைப்பினுல் பண்பேற்றி ஒரு துடிப்பின் தொடக்கத்தைக் கட்டுப்பாடு செய்கிறதே தவிர, துடிப்பின் அகலம் அலேவுச் சுற்றின் நேர மாறிலியால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

நேர்மின்வாய் பண்பேற்றத்தில் ஓர் உயர் மின்னழுத்தம் அலேவியற்றியின் நேர்மின் வாய்க்குத் துடிப்பு நேரக் கால அளவுக்குமட்டும் கொடுக்கப்படுகிறது. இந்த முறையில் ஓர் இடையூறு உண்டு. அதாவது ஆற்றல் மிக்க பரப்பிகளில் நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தம் சாதாரணமாக ஆயிரக்கணக்கான வோல்ட்டுகளே அடைகிறது. எனவே, அவற்றைக் கட்டுப் படுத்துவது ஒரு கடினமான காரியமாகும். ஆனல் இந்த வகை யில் சில நன்மைகளும் உண்டு. அலேவியற்றியின் மின்குழாய் களில் ஆக்ஸைடு பூசப்பட்ட எதிர்மின்வாய்களே உபயோகிக்கும் பொழுது கிரிடுப் பண்பேற்றத்தைப் பிரயோகிப்பதில்லே. ஏனெனில் இவற்றில் மிக அதிக அளவு கிரிடு எதிர்மின்வாய் மின்தடை

வேண்டும். எதிர்மின்வாயிலிருந்து கிரிடுக்கு ஆக்ஸைடு போய்ச் சேருவதால் கிரிடு மின்னேட்டமும் நிகழ்கிறது. அதனுல் கிரிடுச் சுற்றுகளில் அதிக மின்தடைகளை வைத்திருப்பதோ அல்லது கிரிடுப் பண்பேற்றமோ சாத்தியமானதன்று, நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றம் ஒன்றே நிகழக்கூடியதாகும். நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றத்தின் செயல் முறைச் சுற்று ஒன்று படம் 17·4ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 17.4

நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றிச் சுற்று

இங்கு, V_1, V_2 என்ற மின்குழாய்கள் தொடரிணைப்பு முறையில் உயர்மின்னழுத்தத்திற்குக் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளன. பொதுவாக V_2-ன் கிரிடு வெட்டு நிலைக்கு அப்பால் எதிர்மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படும்; ஆகவே, இந்த மின்குழாய்வழியே நேர்மின்வாய் மின்னேட்டம் நிகழ்வதில்லை. ஆகவே, அலைவியற்றியில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தமுமில்லை. இப்பொழுது நேர்க்குறிப் பண்பேற்றித் துடிப்பு V_2-வின் கிரிடுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. மின்குழாய் கடத்த ஆரம்பித்து V_1க்கு உயர்மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. V_1 அலைவுறுகின்றது. இந்தச் சுற்றில் V_2, V_1 ஆகிய இரு மின்குழாய்களும் தொடரிணைப்பு

முறையில் உள்ளதால் அவை கடத்தும்பொழுது அவற்றின் வழியே ஒரேயளவு மின்னோட்டமே செல்கிறது. மேலும் துடிப்பு நேரத்தில் V_2 ல் உள்ள மின்னழுத்த பேதம் V_1 ல் உள்ளதை விடக் குறைவாகும். V_2 அதிக எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுகிறது. அதனுடைய நேர்மின்வாய் மின்னெதிர்ப்புக் குறைவு என்று பொருள்படுகிறது. துடிப்பின் உருவத்தைச் சிதையாமல் பாதுகாப்பதற்கு மின்குழாயின் மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள தேக்கு திறன் மிகக் குறைவாக இருத்தல் வேண்டும். நேர்மின்வாய் மின்னெதிர்ப்பு மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும் என்ற பொதுவான நிலைக்கு இது முரணாகிறது. பண்பேற்றி மின் குழாயைத் தேர்ந்தெடுக்கும்பொழுது இவற்றைக் கவனத்தில் கொண்டு எல்லாப் பண்புகளுக்கும் ஒத்தபடி தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

அலைவுச் சுற்று அலைவுற ஆரம்பித்தவுடன், அலைவுகள் வளர்கின்ற வேகம் மின்சுற்றிலுள்ள எதிர்மின் தடையைச் சார்ந்துள்ளது. துடிப்பின் உருவத்தைப் பாதுகாக்க மின்குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன், நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுகளிலிருந்து கிரிடுச் சுற்றுகளுக்கு உள்ள மின் இணைப்பு, மின்குழாயின் தடைக்கூறு ஆகியவை போன்ற மின்சுற்றின் எதிர்மின் தடையைப் பாதிக்கின்ற நிகழ்ச்சிகளை மிகவும் கவனத்தில் கொள்ளல் வேண்டும். மேலும் மின்சுற்றமைப்பில் துடிப்பின் இறுதியில் அலைவுகள் குறைகின்ற வேகத்தையும் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். அலைவுகளின் சிதைவு மின்சுற்றின் தடைக்கூற்றையும் மின்குழாய் நின்றுவிடுவதையும் மிக அதிக அளவில் சார்ந்துள்ளது. துடிப்பின் உருவத்தைப் பாதுகாக்க இப்படிப் பல்வேறு முரணை கருத்துகளுக்கிடையே ஓர் உடன்பாடு காண வேண்டும்.

பண்பேற்றி நிலையில் துடிப்புகளைக் கட்டுப்படுத்துவதற்குப் பதிலாக, தானே தன் துடிப்புகளைத் தயாரித்துக்கொள்ளும் அலையியற்றிகளைப் பரப்பியில் உபயோகிப்பது சில சமயங்களில் சாத்தியமாகும். சில குறைந்த ஆற்றலுள்ள சுற்றுகளில், குறிப்பாக விமானங்களில் உபயோகப்படுகின்ற சுற்றுகளில் இத்தகைய அலையியற்றிகள் பயன்படுகின்றன. இவற்றில் கிரிடுக் கசிவு, கிரிடு ஒரு நூற்பு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கப் பயன்படுகிறது. மிக அதிகமான மதிப்பையுடைய நேர மாறிலி, கசிவு மின் தடைக்கும் கிரிடு மின்தேக்கிக்கும் கொடுக்கப்படுகின்றன. சம நிலையை அடைகிறவரையில் அலைவுகள் கூடுகின்றன. கசிவு மின்தடைக்கு இடையேயுள்ள நூற்பு மின்னழுத்தம் அலைவுகளின்

வீச்சுகளில் ஏற்படும் மாறுதல்களுக்கு மிக மெதுவாக ஈடு கொடுக்கிறது. ஆகவே, செயலற்றுப்போகச் செய்யும் மின்னழுத்தத்தின் விளைவாக அலைவுகள் அழிந்துபோகலாம். அலைவு நேரத்தில் துடிப்பு அலையின் கூர்மையை அதிகரிப்பதற்காக கிரிடு சில சமயங்களில் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுடன் இணைக்கப்படுகிறது.

1942க்கு முன்னால் குறைந்த திறனுடைய ராடார் பரப்பிகளும் ஏற்பிகளும் விமானங்களில் பொருத்தப்பட்டுக் கடலில் செலுத்தப்படும் கப்பல்களைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டன. இவற்றில் பயன்படுத்தப்பட்ட அலைநீளங்கள் 1·5 மீட்டர்களைவிடச் சற்று அதிகமாக இருந்தன. இவை 10 அல்லது 15 மைல்களுக்கு அப்பால் இருந்த கப்பல்களையும் அதற்குள்ளிருந்த நீர் மட்டத்தில் சென்றுகொண்டிருந்த நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களையும் கண்டுபிடித்தன. இதுவரையில் சென்டிமீட்டர் அலைகளைப் பயன்படுத்தும் மைக்ரோ அலை பரப்பும் முறை நடைமுறைக்கு வரவில்லை. ராடாரின் முக்கிய நோக்கமே தூரத்தில் உள்ள ஓர் இலக்கை அந்த இலக்கின் உதவியின்றியே கண்டுபிடிப்பதாகும். 1942-ல் இந்தத் துறையில் ஏற்பட்ட முன்னேற்றங்கள் மேலே கூறப்பட்ட கருத்தின் விளைவுகளாகும். எதிரி நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களில் இருந்த ராடார் கருவிகள் 50 மைல்களுக்கு அப்பாலும் இருந்துவரும் துடிப்புகளைப் பெறக்கூடியனவாக இருந்தன. ஆகவே, வான ஊர்தி ராடாரிலுள்ள ஏற்பி, நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்னால், அந்த எதிரி நீர்மூழ்கிக் கப்பல் பாதுகாப்பிற்காக நீருக்குள் மூழ்கிவிட்டது. இந்த நிலையில் மிகக் குறுகிய ரேடியோ அலைகளை, உபயோகப்படுத்தவேண்டும் எனத் தீர்மானித்தனர். எனவே, சென்டி மீட்டர் அலைகள் உபயோகத்திற்கு வந்தன. இதனால் எதிரி நீர்மூழ்கிக் கப்பலின் தலைவர்களுக்குப் பெரிதும் இன்னல்கள் விளைந்தன.

சென்டி மீட்டர் அலைகளைப் பயன்படுத்துவதில் எண்ணற்ற இடையூறுகளைச் சமாளிக்க வேண்டியதாயிற்று. அவற்றில் முதலாவது, வினாடிக்கு 500 மெகா சுற்றுகள் (60 சென்டி மீட்டர் அலை நீளம்) அடுக்கத்தில் சாதாரண மின்குழாய்களின் அகவாய் மின்தடை மிகமிகக் குறைவாகும். எனவே, அலைவுகளைப் பெருக்குவது முடியாமல் போயிற்று. இத்தகைய அடுக்கங்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு வேறு முறைகளைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டியதாயிற்று. ஆகவே, மைக்ரோ அலைகளைப் பரப்பும் முறைகளைப் பற்றியும், மைக்ரோ அலைகள் உற்பத்தி செய்வதில் ஏற்படும் இன்னல்களை நீக்கும் முறைகளைப்பற்றியும் நாம் கவனிப்போம்.

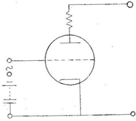
சென்டிமீட்டர் அலைகளைப் பயன்படுத்தும் ராடாரைப்பற்றிய கோட்பாடுகளையும் அவற்றின் நடைமுறை விவரங்களையும் விவரமாக இந்தச் சிறிய நூலில் கொடுக்க இயலாது. எனவே, மைக்ரோ அலைகளை உற்பத்தி செய்யும் சில முக்கியமான கருத்துகளைமட்டும் நாம் கவனிப்போம்.

உயரடுக்க அலைவுகளை உற்பத்தி செய்வதிலும் அவற்றைப் பெருக்குவதிலும் சாதாரண மின்குழாய்களின் இயலாமைக்குக் காரணம் பொதுவாக அவற்றின் அகவாய் மின்தேக்கித் திறன்களே யாகும். குறிப்பாக எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குச் செல்வதற்கு எடுத்துக் கொள்கின்ற நேரமே முக்கியமான காரணமாகும். சாதாரண அடுக்கங்களில் இந்த நேரம், அதாவது ஓர் எலெக்ட்ரான் மின்குழாயில் ஒரு மின்வாயிலிருந்து வேறொரு மின்வாய்க்குச் செல்வதற்கு ஆகின்ற இந்த நேரம், உற்பத்தி செய்யப்படும் அலைவு மின்னழுத்தத்தின் ஒரு முழுச் சுற்றுக்கு ஆகின்ற நேரத்தோடு ஒப்பிடப்படும்பொழுது மிக மிகக் குறைவாகும். எனவே, சாதாரண அடுக்கங்களில் இந்த நேரம் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் குறிப்பிடத்தக்க விளைவுகளை உண்டாக்குவதில்லை. ஒரு வினடிக்கு 500 மெகா சைக்கிள்களுக்கு மேற்பட்ட அடுக்கங்களில் ஒரு மின்வாயிலிருந்து, வேறொரு மின்வாய்க்கு செல்ல எலெக்ட்ரான் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம், ஓர் அலைவு மின்னழுத்தச் சுற்றிற்கு ஆகும் நேரத்தோடு ஒப்பிடக்கூடிய அளவில் இருக்கிறது. பிறகு மின்குழாயின் குணங்கள் இதனல் பல்வேறு வகைகளில் மாற்றம் அடைகின்றன. குறிப்பாக கிரிடு அக மின்னழுத்தத்திற்கும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள கட்ட பேதத்தின் காரணமாகப் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் பின்தங்குகிறது. மின்குழாயின் எதிர்மின்வாய் நிலைமமும் இடையூற்றை விளைவிக்கின்றது. எனவே, மேலே சொல்லப்பட்ட விளைவுகளின் பயனுக அலைப்பெருக்கங்கள் குறைகின்றன.

மேலே சொல்லப்பட்ட விளைவை இன்னும் சிறிது விளக்கிக் கூறலாம். உயர் அடுக்கங்களில் கிரிடு எதிர் மின்னழுத்தத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்காதபோதுகூட அதில் ஆற்றல் விரயமாகிறது. ஏனெனில், ஒரு மின்வாயிலிருந்து வேறொரு மின்வாய்க்குச் செல்ல எலெக்ட்ரான்கள் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் அகமின் தடையை வெகுவாகக் குறைக்கிறது. இதன் விளைவாக கிரிடிலுள்ள சைகை மின்னழுத்தத்திற்கும், நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லுகின்ற எலெக்ட்ரான்களுக்கும் இடையே ஆற்றல் பரிமாற்றம் நிகழ்கிறது. இந்தப் பரிமாற்றம் கிரிடு நிலையிலிருந்து திறனை வாங்கி

அதன் மின்தடையைக் குறைக்கின்றது. உதாரணமாக ஒரு பென்டோடு மின்குழாயின் புறமின்தடை 50 மெகா சுற்றுகளில் 20,000 ஓம்களாக உள்ளன. இதுவே 200 மெகா சுற்றுகளில் 2000 ஓம்களாகக் குறைகின்றது. இதன் விளைவாக இந்த மின் குழாயின் உச்சப்பெருக்குத் திறன் ஏறக்குறைய 12 லிருந்து ஒன்றிற்குக் குறைகிறது. இந்த இடையூறுகளை நீக்குவதற்காக அக்கார்ன் (acorn) மின்குழாய்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இந்தக் குழாய்கள் பருமனில் மிக மிகச் சிறியவை. இவற்றில் ஒரு மின்வாய்க்கும், இன்னொரு மின்வாய்க்கும் இடையிலுள்ள தூரம் வெகுவாகக் குறைக்கப்பட்டது. ஆனால், இவற்றை உற்பத்தி செய்வதிலுள்ள இடையூறுகளும் ஆற்றல் விரயமாவதைத் தடுப் பதிலுள்ள சிரமங்களும் மிக அதிகமாக உள்ளன.

ஒரு மின்வாயிலிருந்து வேறொரு மின்வாய்க்குச் செல்ல எலெக்ட்ரான்களுக்கு ஆகும் நேரத்தின் விளைவைச் சுருக்கமாகக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். படம் 17.5 ஐக் கவனிக்கவும்.



படம் 17·5

எலெக்ட்ரான் கடக்கும்-கால விளக்கச் சுற்று

ஒரு டிரயோடு மின்குழாயின் நேர்மின்வாய் ஒரு மின்னழுத்தத் துடன் படத்தில் காட்டிய முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கிரிடுக்கு ஓர் எதிர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. அத் துடன் ஓர் உயர்மின்னடுக்க இரு திசை மின்னழுத்தமும் கொடுக் கப்பட்டுள்ளது. கிரிடின் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் குறையக் குறைய நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் குறைகிறது. ஆனால், மின்வாய்களின் இடை

வழியில் எலெக்ட்ரான்கள் செல்வதற்கு ஆகும் நேரத்தாமதத்தினுல் கிரிடு நேர்மின்வாய்ப் பக்கத்தில் கிரிடு எதிர்மின்வாய்ப் பக்கத்திலிருப்பதைவிட எலெக்ட்ரான்களின் அடர்த்தி அதிகம். இந்த நிலையில் கிரிடில் மின்னேட்டம் நிகழ்கிறது. ஏனெனில் கிரிடின் ஒரு பக்கத்தில் மறு பக்கத்தில் இருப்பதைவிட அதிக மின்னூட்டம் உள்ளது. சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகு கிரிடின் மேற் பொருத்த மின்னழுத்தம் அதன் உச்சமதிப்பை நோக்கிச் செல்லும்பொழுது கிரிடின் எதிர் மின்னழுத்தம் குறைகிறது. கிரிடை நோக்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைகிறது. எதிர் மின்வாய்ப் பக்கத்தில் நேர்மின்வாய்ப் பக்கத்திலிருப்பதைவிட எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. இதற்கும் எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை அடைவதற்கு ஆகும் நேரத்தில் ஏற்படும் தாமதமே காரணமாகும். கிரிடின் இரு பக்கங்களில் மின்னூட்டபேதம் இருப்பதால் ஒரு மின்னேட்டம் நிகழ்கிறது. இந்த மின்னேட்ட எலெக்ட்ரான்கள் கடக்கும் நேரத்திற்கும் கடக்கும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் புறவாய் அடுக்கத்திற்கும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.

மேலே சொல்லப்பட்ட கிரிடு மின்னேட்டத்தில் ஒரு பகுதி மின்திறன் இழப்பிற்கும் காரணமாக அமைகின்றது. இப்படி இழக்கப்படும் மின்திறனை கிரிடு எதிர்மின்வாய் இவற்றிற்கு இடையேயான ஓர் இணைமாற்று மின்திறனின் அடிப்படையில் கூறலாம். A பிரிவுப் பெருக்கிகளுக்கு இந்த இணைமாற்று மின்திறன் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினுல் பெறப்படுகிறது.

$$R = (c.gm\, f^2 t^2)^{-1}$$

இங்கு gm என்பது குழாயின் வாட்டம், f என்பது அடுக்கம், t என்பது எதிர்மின்வாயிலிருந்து கிரிடுக்குச் செல்ல ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு ஆகும் நேரம், C என்பது குழாயின் திறனையும் அமைப்பையும் பொறுத்துள்ள ஒரு மாறிலி ஆகும். எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குச் செல்வதற்கு ஆகின்ற நேரத்தினுல் ஏற்படும் விளைவுகளைப் பயன்படுத்தியும் ஒரு சாதாரண டிரயோடிலிருந்து உயரடுக்க அலைவுகளை உற்பத்தி செய்யலாம். இந்த முறையில் அலையியற்றிகள் வெகு காலத்திற்கு முன்பே தயாரிக்கப்பட்டன. அவற்றில் முதன்மையானது குர்ஸ் (Kurz) என்பவரால் 1919 ல் தயாரிக்கப்பட்ட மின்குழாய் ஆகும். இந்த மின்குழாயின் பாகங்களின் அமைப்பு பலவிதங்களில் தற்காலக் குழாய்களை ஒத்திருந்தது. எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்கு எலெக்ட்ரான்கள் செல்லும்

பாதை எல்லாப் புள்ளிகளிலும் ஒரே அளவினதாக இருந்தது. இந்தக் குழாய் வேலைசெய்யும்பொழுது கிரிடின் மின்னழுத்தம் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்துடன் ஒப்பிடும்பொழுது நேர்க்குறியுடையதாக இருந்தது, எதிர் மின்வாய் வெளியிட்ட எலெக்ட்ரான்கள் இதில் கிரிடினல் கவரப்படுகின்றன. கிரிடு ஒரு கம்பி வலை அமைப்பில் இருந்ததால் எலெக்ட்ரான்கள் அதை ஊடுருவிச் சென்றன. எலெக்ட்ரான்கள் கிரிடுக்கப்பால் கிரிடு நேர் மின்வாய்ப் பகுதியில் திசைவேகத் தளர்ச்சி அடைந்து நேர்மின்வாய்க்கு முன்னல் நின் றுவிடுகின்றன. இந்த வேகத் தளர்ச்சிக்குக் காரணம் அவை கிரிடு மின்னழுத்தத்தால் இழுக்கப்படுவதேயாகும். எலெக்ட்ரான்கள் திரும்பவும் கிரிடால் கவரப்பட்டு எதிர்த் திசையில் கிரிடைக் கடந்து செல்கின்றன. மறுபடியும் அவற்றின் வேகம் குறைவதால் இப்பொழுது கிரிடு எதிர்மின்வாய்ப் பகுதியில், எதிர்மின்வாய்க்குச் சற்று முன்பாக நின்றுவிடுகின்றன. இப்படி எலெக்ட்ரான்கள் கிரிடைப்பொறுத்து அலைவுறுகின்றன. இந்த நிலை கிரிடு எலெக்ட்ரான்களைப் பிடித்து அவற்றை நீக்கும் வரையில் நீடிக்கிறது. இம் முறையில் அலைவுகளை உற்பத்தி செய்வதில் விரயமாகும் ஆற்றல் எதிர்க்குறியுடையது (negative) என்று கூறலாம். இது எதிர் மின்தடையைப் போன்றதாகும். உண்மையில் நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் எலெக்ட்ரான்களுக்கு ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது. எலெக்ட்ரான்கள் இந்த ஆற்றலை இடைவாய்ச் சுற்றுக்கு அளிக்கின்றன. வெளிச்சுற்று கிரிடு அலைவுகளின் அடுக்கத்தில் ஒத்ததிர்வுறுகிறது.

மேற்கண்ட முறையில் பல இடையூறுகள் உள்ளன. அவற்றில் முக்கியமானவை எலெக்ட்ரான்களின் கட்டபேதத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களாகும். நேரம் ஆக ஆக எலெக்ட்ரான்கள் அதிக அளவு ஆற்றலை வெளியிடுவதால் கிரிடுத் தளத்திலிருந்து அவை அலைவுறுகின்ற தூரம் படிப்படியாகக் குறைகிறது. இதுவே கட்டபேத மாறுதல்களுக்குக் காரணமாகும். இதனல் எலெக்ட்ரான்கள் கிரிடு அலைவுச் சுற்றிற்கு ஆற்றலைக் கொடுப்பதற்குப் பதிலாக ஆற்றலை வாங்கிக் கொள்கிறது. இதனல் அலைவுகள் சிதைந்து விடுகின்றன. எலெக்ட்ரான்களின் கட்டபேதம் ஆற்றலை கிரிட் சுற்றிலிருந்து பெறக்கூடிய அளவுக்கு மாறும்பொழுது அவற்றைப் பிடிக்குமாறு மின்குழாயை அமைப்பதன்மூலம் மேற்கண்ட வினைவைப் போக்கிவிடலாம்.

மேலே சொல்லப்பட்டவற்றில் அலைவுகளின் அடுக்கம் மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள தூரத்தையும் கிரிடு நேர்மின்வாய் ஆகியவற்றின் மின்னழுத்தத்தையும் பொறுத்துள்ளது. இந்த

அடுக்கம் வெளி மின்சுற்றை அவ்வளவாகச் சார்ந்திருப்பதில்லை. உருளைவடிவ மின்வாய்களையும், ஒத்த அமைப்புள்ள இடைவெளியையும் உள்ள மின்குழாயில் உண்டாகும் அலைகளின் நீளம் சென்டி மீட்டர் அளவில் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் கொடுக்கப்படுகிறது.

$$\lambda = \sqrt{\frac{672.d}{Vg}}$$

இங்கு λ = அலைநீளம் (சென்டி மீட்டரில்)

d = நேர்மின்வாயின் விட்டம் (சென்டி மீட்டரில்)

Vg = கிரிடு மின் அழுத்தம்.

கிரிடின் மின்னழுத்தம் அதிகமாகவும் நேர்மின்வாயின் விட்டம் குறைவாகவும் இருக்கும்பொழுது மிக அதிக அடுக்கங்கள் உற்பத்தி செய்யப்படும். இவை மின்அலை இயற்றியின் பயனுறு திறனையும் (efficiency) வெளிவரு அளவு திறனையும் பாதிக்கின்றன. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட மின்குழாயின் கிரிடு மின்னழுத்தத்தை, நல்ல முறையில் மின்குழாய் பயன்படுவதற்கு, கவனமாகத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும்.

மிக அதிக அடுக்கங்களை உற்பத்தி செய்வதற்குத் தற்காலத்தில் மாக்னெட்ரான், கிளைஸ்ட்ரான் போன்ற நவீன மின்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றைப்பற்றிய விளக்கம் வேறொரு பகுதியில் கூறப்பட்டுள்ளது. ஒரு மாக்னெட்ரானில் கிடைக்கக்கூடிய அலையின் நீளம் (சென்டி மீட்டரில்) கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{12500}{H}$$

இங்கு H என்பது வெட்டுநிலை காந்தப் புலத்தின் வலுவாகும். ஒரு வினாடிக்கு 30,000 மெகாச் சுற்றுகளுக்கும் (ஒரு சென்டி மீட்டர் அலை நீளம்) மேற்பட்ட அடுக்கங்களை மாக்னெட்ரான் அலைவியற்றிகளைக் கொண்டு உற்பத்திசெய்யலாம். மாக்னெட்ரான் அலைவியற்றிகளிலும் பண்பேற்ற முறையை பயன்படுகிறது. ஏனெனில் மாக்னெட்ரான்களில் கிரிடு கிடையாது, எனவே, கிரிடுப் பண்பேற்றம் நடப்பதற்கில்லை. மாக்னெட்ரானின் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுக்கு மின்னழுத்தச் சதுரத் துடிப்புகள் கொடுக்கப்படுகின்றன. எனவே, மிகக்குறைந்த அலை நீளமுள்ள ரேடியோ அடுக்கத் துடிப்புகள் வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. ராடார் பரப்பிகளில் ரேடியோ அடுக்கத் துடிப்புகள் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகின்றன ? அவை எவ்வாறு வெளியே அனுப்பப்படுகின்றன ?

௨. ராடார் பரப்பியின் பாகங்கள் யாவை? ராடார் பரப்பிக்கும் ரேடியோ பரப்பிக்குமுள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள் யாவை ?

௩. 'பரப்பிக்கும் இலக்கிற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை ராடார் செய்கை இரு தடவை கடக்கிறது.' இந்தக் கூற்றை விளக்குக.

4. இலக்குகளின் பயனுறு திருப்ப எண் எந்தெந்த அம்சங்களைப் பொறுத்தது ?

௫. ராடாரில் துடிப்புகள் மூலந்தான் செய்கைகளை அனுப்ப வேண்டும். ஏன் ?

௬. ராடார் பரப்பிகளில் சராசரி மின்திறனுக்கும் உச்ச மின்திறனுக்குமுள்ள தொடர்பு யாது ?

7. ராடார் பரப்பியில் உள்ள அலைவியற்றி மின்குழாயின் படம் வரைந்து விளக்குக.

8. ராடார் கிரிடு பண்பேற்றம் நடைபெறும் முறையைத் தகுந்த மின்சுற்றுடன் விளக்குக.

௯. ராடாரில் நேர்மின்வாய் பண்பேற்ற முறையை ஒரு தகுந்த மின்சுற்றுடன் விளக்குக.

10. சிறு குறிப்பு வரைக:

    (a) திறன் பெருக்கிகள்.

    (b) ஆளுகை அலைவியற்றி.

    (c) துடிப்பு நேரமும் ஓய்வு நேரமும்.

    (d) லெஹர் கம்பிகள்.

    (e) அகார்ன் மின்குழாய்கள்.

18. துடிப்பு ஏற்பிகள்

(Pulse Receivers)

பரப்பியிலிருந்து வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்ற துடிப்புகளைத் திரும்பப் பெறுவது ஒரு சிக்கலான பிரச்சினையாகும். இதிலுள்ள அமைப்பு மிகக் குறைந்த நீளமுள்ள செவ்வக வடிவமுடைய ரேடியோ அடுக்க அலைகளையும் மிகக் குறைந்த அடுக்க அலைகளையும் பெறக்கூடியதாக இருக்கவேண்டும். துடிப்புகளைத் திரும்பப் பெறுகின்ற எந்தவோர் ஏரியலும் உணர்வு நுட்பம் (sensitivity) உடையதாக இருக்கவேண்டும். அதாவது அவை ஏரியல்களில் (aerials) தூண்டப்படும் மிகக்குறைந்த ரேடியோச் சைகை மின்னழுத்தங்களை உணரக்கூடியனவாக இருக்க வேண்டும். அதே சமயத்தில் ஏரியலில் கொடுக்கப்படுகிற சைகை வலுவிற்கும் (singal strength) இரைச்சலுக்கும் (noise) உள்ள தகவு மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும். ஏற்பியிலுள்ள இரைச்சல் அதிகமாக இருந்தால் வலுவற்ற சைகைகளை உணரமுடியாமல் போய் விடும்.

ஏற்பியிலுள்ள இரைச்சலை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று தவிர்க்கமுடியாத இரைச்சல்; மற்றொன்று நீக்கக்கூடிய இரைச்சல். இவற்றில் தவிர்க்கமுடியாத ஓசைகளே ஏற்பியின் தொழிற்படு திறனைப் பாதிக்கின்றன. இவை ஏற்பிகளில் ஆரம்ப நிலையிலேயே தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இவற்றுக்குக் காரணம் வெப்பக் கிளர்ச்சி (thermal agitation), எலெக்ட்ரான்கள் வேகமாக வெளிவிடப்படுதல் (shot effect) ஆகிய இரண்டுமாகும். வெப்பக் கிளர்ச்சி யென்பது மின்சுற்றிலுள்ள கடத்திகளில் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு வரையறையின்றி இயங்குவதால் ஏற்படும் இரைச்சலாகும். உலோகங்கள் அவற்றில் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் (free electrons) இருப்பதாலேயே, மின்சாரத்தையும் வெப்பத்தையும் கடத்துகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் கடத்தியில் தொடர்ந்து ஓடிக்கொண்டே இருக்கின்றன. இந்த எலெக்ட்

ரான்களின் திசைவேகம் கடத்தியின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்திருக்கும். பொதுவாக, கடத்திகளில் ஒரு திசையில் மற்றத் திசையைவிட அதிக எலெக்ட்ரான்கள் ஓடும். எனவே, கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்தபேதம் உண்டாகிறது. எலெக்ட்ரான்களின் வரையறையற்ற இயக்கங்களால் இந்த மின்னழுத்தம் நிமிடத்திற்கு நிமிடம் மாறுபடுகின்றது. எனவே, மின்சுற்றுகளில் தேவையற்ற மின்னழுத்தங்கள் உண்டாகி, அவை சைகைகளுடன் பெருக்கப்பட்டு சைகை மின்னழுத்தங்களை ஓரளவிற்குச் செயலற்றதாக்கிவிடுகின்றன.

எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாயை நோக்கி எலெக்ட்ரான்கள் ஓர் ஒழுங்கின்றி ஓடுவதே மற்றொரு காரணமாகும். எலெக்ட்ரான்களின் இந்த ஒழுங்கற்ற கூட்டம் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் தேவையற்ற மாறுதல்களை உண்டாக்குகிறது. எனவே, ஏற்பியில் பல்வேறு வித இரைச்சல்கள் உண்டாகின்றன. மின்குழாய்களிலுள்ள சூழ்மின்னூட்டம் (space charge) எலெக்ட்ரான் கற்றைகளிலுள்ள இந்த ஒழுங்கீனத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஆகவே, இந்தவித இரைச்சல் முழுமையாக நீக்கப்படவேண்டுமானால் சூழ் மின்னூட்டம் உருவாவதற்குத் தேவையான அளவு எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படவேண்டும். இதைப் பலவிதங்களிலும் ஒத்த வேறொரு விளைவும் மின்குழாய்களில் உண்டு. இதற்குப் பெயர் சிமிட்டுவிளைவு (flicker effect) ஆகும். இது எதிர்மின்வாயின் தளத்தில் சிறிய பரப்புகளில் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மாறுவதால் உண்டாகிறது.

மைக்ரோஃபோன் குழாய்கள், அருகிலுள்ள சுற்றுகளிலிருந்து மின் தூண்டல் ஆகியவற்றின் காரணமாக உண்டாகும் இரைச்சல், நீக்கக்கூடிய இரைச்சல் எனப்படும். அருகிலுள்ள சுற்றுகளில் விநாடிக்கு 50 சுற்றுகள் இருதிசை மின்னோட்டம் செல்வதால் ஹம் (hum) என்ற ஒலி உண்டாகிறது. இந்த 'ஹம்' என்ற ஒலி ரேடியோ அடுக்குப் பெருக்கிகளிலும், இடைநிலை அடுக்குப் பெருக்கிகளிலும் இன்னல்களை விளைவிப்பதில்லை. ஆனால், மிகக் குறைந்த அடுக்கங்களில் அதிகமான பெருக்கம் தேவைப்படும் பொழுது இந்த 'ஹம்' என்ற ஒலி இன்னலை விளைவிக்கின்றது. மைக்ரோஃபோன் ஓசைகள் மின் குழாய்கள் அதிர்வுறுதலால் உண்டாகின்றன. குறிப்பாகக் குறைந்த அடுக்கு நிலைகளில் இத்தகைய அதிர்வுகள் குழாய்களின் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் மாறுதல்களை விளைவிக்கின்றன. இந்த மாறுதல்கள் செவியுறு அடுக்கங்களிலிருப்பதால் அவையும் குறி மின்னழுத்தத்தோடு

பெருக்கப்படுகின்றன. ரேடியோ அடுக்க அலைகளில் மின்குழாய்களின் அதிர்வுகள் பெருக்கத்தைச் சிறிதளவே மாறச்செய்யும்.

ஒரு மின்குழாயில் அல்லது அதைச் சூழ்ந்துள்ள சுற்றில் உண்டாகும் தேவையற்ற இரைச்சல் அது தேவைப்படும் ரேடியோச் சைகையை எந்த அளவுக்குப் பாதிக்கின்றது என்பதைப் பொறுத்தே அந்த இரைச்சலின் முக்கியத்துவம் கணிக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக, ஒரு மின்குழாயில் சைகை மின்னழுத்தம் ஒரு வோல்ட்டாக இருக்குமானால், ஒரு சில மைக்ரோ வோல்ட்டுகள் உள்ள இரைச்சலைக் கருத்தில் கொள்ளாது நீக்கி விடலாம். ஆனால், ஓர் ஏற்பியின் முதல் ரேடியோ அடுக்க நிலையில் சைகை மின்னழுத்தமே ஒரு மைக்ரோ வோல்ட்டு இருக்குமானால் இரைச்சலும் ஒரு மைக்ரோ வோல்ட்டு அளவில் இருந்தால் இது ஒரு பிரச்சினை ஆகிவிடுகிறது. தொலைக்காட்சியைப்போலவே ராடாரிலும் இரைச்சல் என்ற சொல் அவ்வளவு சரியானது அன்று. ஏனெனில் இங்கு வெளியிடு பகுதியில் ஒலி பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. இருந்தபோதிலும் கருத்துக்களைச் சுலபமாகப் புரிந்துகொள்வதற்காக வழக்கிலுள்ள சொற்களையே உபயோகிக்கின்றனர்.

எதிரொளிக்கப்பட்டுவரும் துடிப்புகளைப் பெறுவதற்கு ஏற்பிகளில் பெரும்பாலும் கலக்கிப் பிரித்தல் முறையே கையாளப்படுகின்றது. சைகைக்கும், இரைச்சலுக்கும் உள்ள தகவு மிக அதிகமாக இருப்பதற்காகக் கலப்பிக்கு (mixer) முன்பு குறைந்தது இரண்டு ரேடியோ அடுக்க நிலைகளாவது ஏற்பியிலிருக்கும். பெரும்பாலும் ஏற்பிகளில் சைகைக்கும் இரைச்சலுக்குமுள்ள தகவு, முதல் மின் குழாயையே பொறுத்து இருக்கிறது. ஏரியலிலிருந்து மின்னோட்டத்தை நேரடியாகக் கலப்பிக்குக் கொடுப்பதால் ஏரியலின் உணர்வு நுட்பம் குறைவதோடல்லாமல் சைகைக்கும், இரைச்சலுக்குமுள்ள தகவு குறைகிறது. ஏனெனில் ஒரு கலப்பியின் மின் குழாய் பெரும்பாலும் சைகைப் பெருக்கத்தை ஏற்படுத்துவதில்லை. பதிலாக ரேடியோ அடுக்க நிலையில் அதே அளவு மின்னோட்டத்திற்கு நான்கு அல்லது ஆறு பங்கு இரைச்சலை அதிகரிக்கிறது. இந்த நிலையில் சைகைகளையும் நான்கு அல்லது ஆறு பங்கு அதிகரிக்கவேண்டும்.

ஒரு துடிப்பு ஏற்பி ஒரு தொலைக்காட்சி ஏற்பியை அநேக விதங்களில் ஒத்திருக்கும். மேலும் ஒரு சாதாரண கலக்கிப் பிரித்தல் ஏற்பியிலிருந்து பெருமளவு மாறுபட்டிருக்காது; ஏனெனில் அவற்றின் தொழிற்படும் குறைகள் ஏறக்குறைய ஒரே மாதிரியானவை. ஆனால், அவற்றின் நுணுக்கங்களில் மாறு

பாடுகள் உண்டு. ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கங்களில் மாறுபாடு களுக்கு மிக அதிக பட்டை அகலங்களே (band width) காரண மாகும். துடிப்புகளின் அமைப்பைப் பாதுகாக்கவேண்டுமானுல் இந்த அகலமான பட்டைகள் அவசியமாகும். கணிதமுறையில் செவ்வகத் துடிப்புகளையும், சைன் அலைகளையும் சோதிக்கும் பொழுது அவற்றுக்குள் ஒரு சிறந்த வேறுபாட்டைக் காணலாம். ராடார் பரப்பியில் செவ்வகத் துடிப்புகளும் சாதாரண ஒலிபரப்புப் பண்பேற்றத்தில் சைன் அலைகளும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. உதாரணத்திற்காக ஒரு சதுரத் துடிப்பையும் ஒரு சைன் அலையையும் எடுத்துக் கொள்வோம். e என்பது உடனடியான மின்னழுத்தம் என்றும், E என்பது உச்ச மின்னழுத்தம் என்றும் கொண்டால் சைன் அலைக்கு

$$e = E \sin 2\pi ft$$

சதுரத் துடிப்பிற்கு,

$$e = \frac{4E}{\pi}\left[\sin wt + \frac{\sin 3\,wt}{3} + \frac{\sin 5\,wt}{5} + \cdots\cdots\right]$$

இங்கு $w = 2\pi f$

சைன் அலைக்கான சமன்பாட்டில் ஒரே ஒரு பதமே உள்ளது. ஆனுல், சதுரத் துடிப்பிற்கான சமன்பாட்டில் எண்ணற்ற பதங்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு பதமும் வரிசையாக அதிகரிக்கின்ற அடுக் கங்களைக் குறிக்கின்றன. உண்மையில் இப்படி எண்ணிறந்த சைன் அலைவுகள் ஒரே சமயத்தில் கிளம்புவதுதான் துடிப்பின் முதல் முனையின் அதிகமான வாட்டத்திற்குக் காரணமாகும். இதைப்போன்ற எண்ணிறந்த தொடர்கள் எல்லாச் செவ்வகத் துடிப்புகளின் தனிப் பண்புகளாகும். அந்தத் தொடர்கள் ஆரம் பத்திலிருந்து இறுதிவரை உள்ள அடுக்கங்களைக் குறிப்பிடு கின்றன.

செவ்வகத் துடிப்புகளைப் பெற்று அவற்றை நல்ல முறையில் திரும்ப உண்டாக்குவதற்கு ஓர் ஏற்பி அமைப்பு சுழி உட்பட எல்லை யற்ற பட்டையகலத்தைப் பெறக்கூடியதாக இருக்கவேண்டும். அதாவது அது ஒருதிசை மின்னழுத்தத்தையும் பெறவேண்டும். இது நடைமுறையில் இயலாத காரியம். ஆனுல், மேலே கொடுக் கப்பட்ட சமன்பாட்டில் 10 பதங்களை எடுத்துக் கொண்டாலே ஒரு நல்ல செவ்வகத்துடிப்புக் கிடைத்துவிடும். அதாவது பட்டையின் அகலம் ஒரு வினுடிக்கு 20 மெகா சுற்றுகள் என்ருகும். இதுவும் இயலாத காரியம். எனவே, நடைமுறையில்

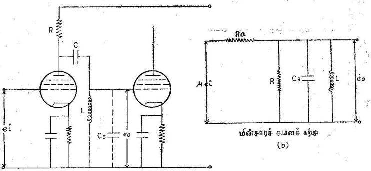
பட்டையின் அகலம் மூன்று அல்லது ஐந்து மெகா சுற்று களிலிருந்து குறைந்த எல்லை 30 சுற்றுகள்வரை வைக்கப் பட்டுள்ளன. சாதாரண ரேடியோ ஒலிபரப்பியில் இந்தப் பட்டை யகலம் ஒரு வினாடிக்கு 9 கிலோச் சுற்றுக்கள் என்பது நாம் அறிந்ததொன்றாகும். ஒவ்வொரு நிலையிலும் குறைந்த அளவு பெருக்கத்தைக் கொண்டே இத்தகைய பட்டையகலத்தைப் பெற முடியும். எனவே, பெரும்பாலும் இரண்டு ரேடியோ அடுக்க நிலைகளும் சில சமயங்களில் ஐந்து நிலைகளும்கூட உபயோகத்தி லுள்ளன. ஒரு வினாடிக்கு 50 மெகா சைக்கிள்களுக்கும் மேற் பட்ட அடுக்கங்களில் மின்குழாயில் மிகக்குறைந்த மதிப்புள்ள அகமின் தடையானது பெருமளவு ஏற்புநிலைப் பாதிக்கிறது. எனவே, அநேக ரேடியோ அடுக்கநிலைகள் தேவைப்படுகின்றன.

இசைவிக்கப்பட்ட கிரிடு இணைப்புச்சுற்றையுடைய ஒரு ரேடியோ அடுக்க மின்சுற்று படம் 18.1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படம் *a* யில் இருப்பது உண்மையான மின்சுற்று. *b* யில் காட்டப் பட்டிருப்பது மின்சார சமனச்சுற்று. மின்சார சமனச்சுற்றில் மின் தேக்கி *C* யைப் பொதுவாக விட்டுவிடுகிறோம். அவ்வாறே கம்பிச் சுருளில் ரேடியோ அடுக்க மின் தடையையும் விட்டு விடுகிறோம். ஒத்ததிர்வில் (resonance) மின்சுற்றின் எதிர்ப்பு மின்தடை *R* க்குச் சமமாகும். மின்குழாயின் இரு திசை மின்தடை (A. C. resistance) *R*-ஐ விட அதிகமாக இருக்கும்வரையில் இலாபநிலை (stage gain) கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் பெறப் படுகிறது.

$$\frac{e_0}{ei} = gm.\ R.$$

இங்கு *gm* என்பது பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் (ஆம்பியர்/ வோல்ட்) *R* என்பது மின்தடை (ஓம்கள்)

பட்டையகலம் $n = (f_2 - f_1)$, மேற்கண்ட சுற்றின் மின்தடையை யும் மின் தேக்கித் திறனையும் பொறுத்திருக்கும் எனவும், பெருக்கம் பட்டையகலத்திற்கும், மின்தேக்கித்திறன் C_3 க்கும் எதிர்விகிதத் தில் இருக்குமெனவும், மின்குழாயின் பரிமாற்றுக்கடத்து திறனுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் எனவும் காண்பிக்கலாம். சாதாரண மின் குழாய்களைக்கொண்டு அதிகப் பெருக்கங்களை அடையமுடியாது. எனவே, உயர் அடுக்கங்களில் அதிகப்பெருக் கங்களைப் பெறுவதற்குத் தொலைக்காட்சியைப்போலவே இங்கும் தொலைத் தன்மை வாய்ந்த மின் குழாய்கள் கையாளப்படுகின்றன. சாதாரணமாக 1,000 ஓம் மின் தடையும் (load resistance)



உண்மைச் சுற்று
(a)

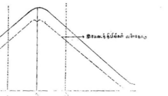
மின்சாரச் சமனச் சுற்று
(b)

படம் 18.1
இசைவிக்கப்பட்ட கிரிடு இணைப்பு *R. F.* மின்சுற்று

பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் 9 மில்லி-ஆம்பியர் / வோல்ட்டும் உள்ள குழாய்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. பிறகு இலாப நிலை மதிப்பு நான்கு அல்லது ஐந்து பங்கு அதிகரிக்கிறது. குறிப்பிட்ட பட்டையகலத்தைக் கையாளுவதற்கு இதுவே சிறந்ததாகும்.

ரேடியோ அடுக்க நிலைகளுக்கும் இடைநிலை அடுக்க நிலைகளுக்கும் ஒரு துடிப்புக் கலக்கிப் பிரித்தலின் (pulse superhatrodyne) இணைப்பு முறைகளில் எந்தவித மாறுதல்களும் இல்லை. அவை தொழிற்படுகின்ற குறைந்த அடுக்கங்களில்தான் சில மாறுதல்கள் உள்ளன.

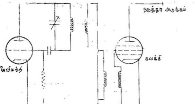
துடிப்பு ஏற்பிகளில் ஐந்து அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இடைநிலை அடுக்க நிலைகள் உபயோகத்தில் உள்ளன எனவும் ஒவ்வொன்றிலும் இலாபநிலை சிறிதளவே உள்ளது எனவும் மேலே கூறினோம். எல்லா இணைப்புகளும் ஒரே அடுக்கத்தில் இசைவுறும்படி பெருக்கியை அமைத்தால் சுற்றிலுள்ள மொத்த விளைவு ஒவ்வொரு பகுதியிலும் உள்ள விளைவுகளின் பெருக்கற் பலனாகும். நடைமுறையில் சுற்றுகளெல்லாம் ஒரேயளவிற்கு இயைவிக்கப்படுவதில்லை. தளர்நடை இசைவித்தல் (stagger tunning) என்ற முறை குறிப்பிட்ட பட்டையகலத்தைப்



படம் 18.2
பரிவு வளைகோடு

பெறுவதற்குப் பெரும்பாலும் கையாளப்படுகிறது. தொடக்கத்தில் ஒரேயளவிற்கு இசைவிக்கப்பட்ட இரு மின்சுற்றுகள் மெதுவாகச் சமஅளவில் எதிர்த்திசையில் இசைவில் மாறுதலடைந்தால், பரிவு வளைகோடு (response curve) அகன்று உச்சியில் தட்டையாக மாறுகின்றது. இந்த வேறுபாடு அதிகரிக்கும் பொழுது உச்சியின் மையம் அமிழ்ந்து வளைகோட்டில் படம் 18·2ல் காட்டியதுபோல் இரு திமில்கள் (hump) உண்டாகின்றன.

இந்தத் திமில்கள் விட்டு விட்டு வரையப்பட்டுள்ள கோட்டிலுல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இப்படி இசைவை எதிர்த்திசையில் மாறுபடுத்துவதால் பட்டையின் அகலம் உச்ச மதிப்பைப் (f_1 லிருந்து f_2க்கு) பெறுகிறது. இந்த முறைக்குத் தளர்நடை இசைவித்தல் என்று பெயர். இது இடைநிலை அடுக்கம் முழுவதும் சில சமயங்களில் ரேடியோ அடுக்க நிலைகளிலும் பயன்படுகிறது. இவ்வாறு 5 இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றுகளைக் கொண்டு, முதலாவது, மூன்ருவது சுற்றுகளை 9·5 மெகா சைக்கிள்/வினுடிக்கும்; இரண்டாவது, நான்காவது சுற்றுகளை 12·5 மெகா சைக்கிள்/வினுடிக்கும், ஐந்தாவது சுற்றை உண்மையான இடைநிலை அடுக்கத்திற்கு, அதாவது இங்கு 11 மெகா சைக்கிள்/வினுடிக்கும் இசைவிக்கலாம். இந்த முறையில் மற்ற முறைகளைவிடக் குறிப்பிட்ட எண்களையுடைய மின்குழாய்களைப் பயன்படுத்தும்போது அதிகப் பெருக்கத்தைப் பெறலாம். ஏனெனில், மின் சுற்றின் பல பகுதிகள் (அதாவது ஒவ்வொரு நிலையிலுமுள்ள தனித்தனிச் சுற்றுகள்) அடுக்கம் எதிர்த்திசையில் சம அளவில் சிறிது மாறுபடும்பொழுது அவை ஒரே அடுக்கத்திற்கு இசைவிக்கும் பொழுதைவிட நன்கு செயற்படுகின்றன.



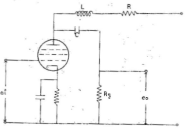
படம் 18.3.

துடிப்பு ஏற்பியின் அடுக்க மாற்றி

ஒரு துடிப்பு ஏற்பியின் அடுக்கமாற்றி (frequency changer) ரேடியோவிலுள்ளதைப்போலவே வழக்கமான அமைப்பை உடையது. அதில் பொதுவாக ஒரு ரேடியோ அடுக்கப் பென்டோடு ஒரு தனியான அலைவியற்றி ஆகியவை படம் 18.3-ல் காட்டியதுபோல் உள்ளன.

டயோடு கலப்பிகளும் பெரும்பாலும் உபயோகத்தில் உள்ளன. இதில் டயோடு உண்மையான கலப்பியாகப் பயன்படுகிறது. ஏனெனில், சைகை அடுக்கத்தை டயோடு நேர்மின்வாய்க்கும் அலையியற்றியின் வெளிப்பகுதியை டயோடின் எதிர்மின்வாய்க்கும் கொடுக்கிறோம். இங்கு இடைநிலை அடுக்கமும், இடைநிலை அடுக்கப் பட்டையகலமும் அதிகமாக இருப்பதால் பொதுவாக மற்றச் சுற்றுகளைவிட இடையூறுகள் இங்கு இருப்பதில்லை. சென்டி மீட்டர் ராடார்களில் ஒரு கலப்பி மின்குழாயாகப் படிகங்கள் தற்பொழுது மறுபடியும் உபயோகத்திற்கு வந்துள்ளன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இவற்றில் ரேடியோ அடுக்கங்கள் மிக அதிகமாக இருப்பதால் (3000 மெகா சைக்கிள்கள் / விநாடி) அலையியற்றியின் அடுக்கம் குறைந்தது 2900 மெகா சைக்கிள்கள் / விநாடியாவது இருத்தல்வேண்டும். அப்பொழுதுதான் கலப்பியைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். மின் குழாய் அலையியற்றி தேவையான உள்வினை (local) அலைகளை உற்பத்தி செய்கிறது. இது சைகை அலைகளோடு வாங்கப்பட்டுச் சாதாரண முறையில் வெளிப் பகுதியில் பெருக்கப்படுகிறது.

பகுத்தலுக்குப் பிறகு திருத்தப்பப்பட்ட துடிப்புகள் குறைந்த அடுக்கப் பெருக்கிகளுக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. இந்தப் பகுத்தல் பெரும்பாலும் டயோடு மின்குழாய்களில் நடைபெறுகின்றது.

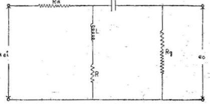


படம் 18.4 (a)
ரேடியோ அடுக்கச் சுற்று

இந்தப் பெருக்கிகளின் வெளிவிடுபகுதி எதிர்மின் கதிர்க்குழாயுடன் இணைக்கப்படுகிறது. பிறகு துடிப்புகள் திரையில் ஒளிப் பொட்டாகத் தோன்றுகின்றன. எனவே, ஏற்பியிலுள்ள வெவ்

வேறு நிலைகள் தொடர்ச்சியாக வருகின்ற செவ்வகத் துடிப்புகளை உருக்குலையாமல் கையாளவேண்டும். இந்த அடுக்கங்கள் முழுவதிலும் பரிவு ஒரே தன்மையுடையதாகவும் இருக்கவேண்டும்.

படம் 18.4 (a) ல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றுத் துடிப்புகள் பெருக்கத்திற்குப் பொதுவாகப் பயன்படுகின்றன. இதில் ஒரு மின்தடை மின்நிலைமச் சுற்றுள்ளது. இந்தச் சுற்றின் இணை மாற்றுச் சுற்றுப் படம் 18.4 (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நடுத்தர,



படம் 18.4 (b)
ரேடியோ அடுக்கச் சமனச் சுற்று

குறைந்த அடுக்கங்களில் L ன் மின் நிலைமம் மிக மிகக் குறைவானது. எனவே, மின்குழாயின் பெருக்கிக் குணங்கள் ஒரு சாதாரண மின்தடையிணைப்பின்போது உள்ளவைபோலவே இருக்கும்.

மிக அதிக அடுக்கங்களில் மின்நிலைமத்தின் மதிப்பு அதிகமாகிறது. எனவே, பொதுவாக இறங்குகின்ற பெருக்கக் குணங்கள் ஒரு விநாடிக்கு 2 மெகா சைக்கிள்கள்வரை ஒரு நிலையில் வைக்கப்படுகின்றன. இதற்குமேல் இணைத்தடை (shunt) மின்தேக்கிகள் மின்நிலைமத்திற்கெதிராக வேலை செய்வதால் சுற்றின் குணங்கள் மாறுதலடைகின்றன. இத்தகைய சுற்றுகள், திருத்தமான முறையில் அமைக்கப்படும்பொழுது, இணைப்பு மின்நிலைமத்தைக் கருதாவிடில், சுமார் 70 சதவிகிதப் பெருக்கத்தைச் சீரான முறையில் கொடுக்கும். பொதுவாகப் பெருக்கம் குறைவாக இருந்தாலும் அதிக வாட்டமுடைய பென்டோடு மின்குழாய்களைப் பயன்படுத்தித் பெருக்கத்தை அதிகரிக்கலாம். நடைமுறையில் ரேடியோ அடுக்கங்களுடையவும், நடுநிலை அடுக்கங்களுடையவும் குறிப்பிட்ட பட்டையகலங்கள் காரணமாக உண்மையாகவே

செவ்வக வடிவுடைய துடிப்புகள் பெருக்கியின் கிரிடில் தோன்றுவ தில்லை. ஒரு வினாடிக்கு 30 கிலோ சைக்கிள்களிலிருந்து 2 மெகா சைக்கிள்கள்வரை ஏற்படக்கூடிய பரிவு, ராடாரின் எல்லாவகைச் செயல்களுக்கும் போதுமானது.

வினாக்கள்

1. வானவெளியில் அனுப்பப்பட்ட துடிப்புகள் எவ்வாறு ஏரியலில் பெறப்படுகின்றன ?

2. சிறு குறிப்பு வரைக :

   (a) ஏரியல் உணர்வு நுட்பம்.

   (b) இரைச்சல்.

   (c) சிமிட்டு விளைவு.

   (d) கலப்பி.

   (e) பரிவு வளைகோடு.

   (f) ராடார் பட்டையகலம்.

3. 'திருப்பப்பட்டு வரும் அலைகளை ஏரியலில் பெறுவதற்குப் பெரும்பாலும் கலக்கிப் பிரித்தல் முறையே பயன்படு கிறது.' இந்தக் கலக்கிப் பிரித்தல் முறையைப்பற்றி அறிவது யாது ?

4. ஒரு ராடார் ஏற்பி ஏரியலுக்கும் ஒரு தொலைக்காட்சி ஏரியலுக்குமுள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள் யாவை ?

5. இசைவிக்கப்பட்ட கிரிடு இணைப்புச் சுற்றையுடைய ஒரு மின் சுற்றைப் படம் வரைந்து விளக்கு.

6. துடிப்பு ஏற்பிகளில் உள்ள இடைநிலை அடுக்கங்கள் யாவை ?

7. ஒரு துடிப்பு ஏற்பியின் அடுக்க மாற்றியை மின்சுற்று அமைப்புடன் விளக்குக.

19. தூரங்களை நிர்ணயித்தல்

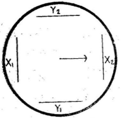
(Range Determination)

முன்பு ஓர் அத்தியாயத்தில் ராடாரின் தத்துவங்களைப்பற்றி விரிவாகக் கூறினோம். ராடாரின் பரப்பியிலிருந்து அனுப்பப்பட்ட துடிப்புகள் திரும்பவும் ஏற்பியை வந்தடையும்பொழுது அவை அனுப்பப்பட்ட நேரத்திற்கும் அவை திரும்ப வந்தடைந்த நேரத்திற்கு இடையேயான கால இடைவெளி, மின்காந்த அலைகள் வானவெளியில் கடந்த தூரத்தை அளப்பதற்குப் பயன்படுகின்றது என்று பார்த்தோம். இந்தக் கால இடைவெளியை அளப்பதற்குத் தகுந்த கருவி 'எதிர் மின்கதிர்க்குழாய்' எனவும் கூறினோம்.

எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் உண்டாக்கப்படுகின்ற எலெக்ட்ரான் கற்றை ஓர் ஒளிர்திரையின்மீது குவிக்கப்படுகின்றது. அதனல் திரையில் ஓர் ஒளிப் பொட்டு தோன்றுகின்றது. இந்தப் பொட்டு திரையின் மையத்தில் இருக்கும். X தகடுகளில் ஒன்றிற்கு நேர்மின் அழுத்தத்தைக் கொடுத்தால் இப் பொட்டு திரையில் இடவலமாக நகரும். Y தகடுகளில் ஒன்றிற்கு நேர்மின் அழுத்தத்தைக் கொடுப்பதன்மூலம் இந்தப் பொட்டினை மேலும் கீழுமாக நகர்த்தலாம். தொடக்கத்தில் எந்தத் தகடுகளுக்கும் மின் அழுத்தம் இல்லை எனக் கொள்வோம். இப்போது X_2 தகட்டிற்கு நேர் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால் பொட்டு வலப்புறமாக நகரும்.

இந்த நேர்மின் அழுத்தத்தை ஒரே சீராக அதிகரித்தால் பொட்டு நகரும் தூரமும் அதிகரித்துக்கொண்டே செல்லும். இவ்வாறு ஒளிப் பொட்டு திரையின் வலக் கோடியை அடையும்வரை X_2 தகட்டின் நேர்மின் அழுத்தத்தை அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று வலக் கோடியை அடைந்தவுடன் மின் அழுத்தத்தைத் திடீரென்று நிறுத்திவிட்டால் ஒளிப்பொட்டு தன் பழைய இடத்திற்குத் திரும்பி வந்துவிடும். X_2 தகட்டிற்கு மீண்டும் நேர்மின் அழுத்தத்தைக் கொடுப்பதன்மூலம் பொட்டினை முன்போல் நகரச் செய்யலாம். எந்த ஒரு கணத்திலும் ஒளிப்பொட்டு திரையின் மையத்திலிருந்து

சென்றுள்ள தூரம் X_2 தகட்டிற்கு அந்த நேரத்தில் கொடுக்கப் பட்டுள்ள நேர்மின் அழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். X_2 தகட்டிற்குக் கொடுக்கப்படும் மின் அழுத்தம் சீராக அதிகரிக் கப்படுவதால் அதன் மதிப்பு நேரத்தைக் குறிக்கும்.

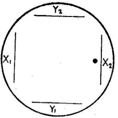


படம் 19.1
ஒளிப்பொட்டு வலப்புறமாக நகர்தல்

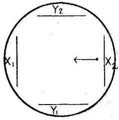
உதாரணமாக X_2 தகட்டின் மின்அழுத்தம் சுழியிலிருந்து படிப்படியாக அதிகரித்து உச்ச மதிப்பை 6·10 மைக்ரோ விநாடி களில் அடைவதாகக் கொள்வோம். திரையின் விட்டம் 6 அங்குலம் எனக்கொள்வோம். எனவே, ஆரம் மூன்று அங்குல மாகும். ஆகையால், ஒளிப்பொட்டு திரையின் மையத்தில் இருந்து வலக் கோடிக்குப் போக 3 அங்குலம் நகரவேண்டும். இதனை 6·10 மைக்ரோ விநாடிகளில் செய்கின்றது. எனவே, பொட்டு 3 அங்குலம் நகர்ந்தால், நேரம் 6·10 மைக்ரோ விநாடி கள். இவ்வாறாக நேரத்தை நாம் கண்டுவிடலாம். 6·10 மைக்ரோ விநாடிகள் என்பது வானவெளியில் 1000 கெஜத்தைக் குறிக்கும் என்று முன்பு கூறப்பட்டது. எனவே, ஒளிப்பொட்டு நகரும் தூரத்திலிருந்து விமானத்தின் தூரத்தை நேரடியாக அறிந்து கொள்ளமுடியும். படங்கள் 19.2, 19.3 ஆகியவற்றில் ஒளிப் பொட்டு திரையின் வலக் கோடியில் இருப்பதையும் திரையின் மையத்திற்குத் திரும்பி வருவதையும் சித்திரிக்கப்பட்டுள்ளது.

மேலே சொல்லப்பட்ட எடுத்துக்காட்டில் திரையின் விட்டம் 6 அங்குலம் இருந்தாலும், அதில் பாதியையே பயன்படுத்துகின் றோம். ஏனெனில், ஒளிப்பொட்டு திரையின் மையத்திலிருந்து புறப்படுகின்றது. இதற்குப் பதிலாக ஒளிப்பொட்டினைத் திரை

யின் இடக் கோடியிலிருந்து புறப்படும்படி செய்தால் 6·10 மைக்ரோ விநாடிகளில் அது 6 அங்குல தூரத்தைக் கடக்கும். அப்பொழுது நேரத்தை இன்னும் துல்லியமாக அளக்கலாம். இதற்காக X_1 தகட்டிற்கு ஒரு நேர்மின் அழுத்தத்தைக் கொடுக்க வேண்டும். அப்பொழுது ஒளிப்பொட்டு திரையின் இடக்கோடி யில் இருக்கும். X_1 ன் மின் அழுத்தத்தை இந்த மதிப்பிலேயே நிலையாக வைத்துவிட்டு X_2 ன் மின் அழுத்தத்தைச் சீராக அதிகரித்து ஒளிப்பொட்டைத் திரையின் இடக்கோடியிலிருந்து வலக்கோடிக்கு நகர்த்தலாம். ஒளிப்பொட்டு திரையின் இடக்



படம் 19.2
ஒளிப்பொட்டு வலக்கோடியை அடைதல்

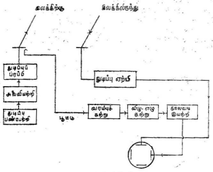


படம் 19.3
ஒளிப்பொட்டு வலக் கோடியிலிருந்து திரும்புதல்

கோடியிலிருந்து வலக் கோடிக்கு நகர்வதும் மீண்டும் இடக் கோடிக்குப் பறந்து வருவதும், மிகத் துரிதமாக நடைபெறுவதால், திரையில் ஒளிப்பொட்டு பொட்டாகத் தெரியாமல் ஒரு நேர்க் கோடாகத் தெரிகின்றது. இந்த நேர்க்கோட்டைக் கொண்டு தூரத்தை அளப்பதற்கு நாம் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் உள்ள மற்றொரு ஜோடித் தகடுகளைப் பயன்படுத்துகின்றோம்.

ராடாரில் ரேடியோ அலைகள் உண்டுபண்ணப்படுகின்றன. ராடாரில் பரப்பி, ஏற்பி ஆகியவற்றின் அமைப்பு, படம் 19.4 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஓர் எளிய அமைப்பாகும். ராடாரின் தத்துவங்களை விளக்குவதற்கு இந்த அமைப்பே போதுமானது. பரப்பியிலிருந்து அனுப்பப்படும் குறுகிய செவ்வக வடிவ ரேடியோ அடுக்கத் துடிப்புகளின் நேரம் ஒன்று அல்லது இரண்டு மைக்ரோ

விநாடிகளாகும். இந்தத் துடிப்புகள் ஒரு மில்லி விநாடி ஓய்வு நேர இடைவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன.



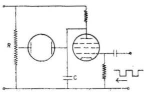
படம் 19.4
ராடாரின் தொகுப்புப் படம்

துடிப்புகள் பரப்பியைவிட்டு நீங்கி 6·1 மைக்ரோ விநாடிகளில் 1000 கெஜ தூரத்தைக் கடக்கின்றன. ஒவ்வொரு துடிப்பும் பரப்பியைவிட்டு நீங்குகின்ற அதே நேரத்தில் ஒரு சிறிய எடுப்பிச் (pick-up) சுற்று அதேமாதிரியான ஆனால், மிகக்குறுகிய துடிப்பை ஏற்பிச் சுற்றுகளுக்கு அனுப்புகின்றது. இத்தகைய இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்புகள் (synchronising) காலவடி இயற்றியை இயக்குகின்றன.

பரப்பியைவிட்டு வெளியேறுகின்ற துடிப்பு வான வெளியை நோக்கிச் செல்லுகின்றது. இதைப்பற்றிப் பிறகு பார்ப்போம். இதைச் சேர்ந்த ஒத்ததிர்வுத் துடிப்பு கம்பியின்வழியே சென்று திருத்தி - வரம்புச்சுற்றை (rectifier-limiter - circuit) அடைகின்றது. இந்தச் சுற்றிலிருந்து ஒரே திசையில் எதிர் நேர்த் துடிப்பாக இது வெளியேறுகின்றது. பிறகு ஒரு மின் எழு - விழுச்சுற்றை (flip-flop - circuit) அடைகின்றது. இங்கு ஒரு துவக்கிச் சுற்றின் மூலமாக இதன் நேரம் விரிவாக்கப்படுகின்றது. ஏனெனில் இந்தத் துடிப்பைப் பயன்படுத்திக் காலவடி மின் இறக்கிக் குழாயைத்

துண்டித்து X_2 தகட்டிற்குக் கொடுக்கும் மின் அழுத்தத்தை நீக்கவேண்டும். இந்த ஒத்ததிர்வுத் துடிப்புகளின் (இவற்றிற்கு பூட்டுத் துடிப்புகள் என்றும் பெயர் உண்டு) நேரம் அதிகரிக்கப் படுவது வான வெளியில் நாம் அளக்கவேண்டிய தூரத்தைப் பொறுத்துள்ளது. காட்டாக முப்பது மைல் தூரத்தை அளக்க வேண்டும் என்று கொள்வோம். ஒரு துடிப்பு இந்த 30 மைல் தூரம் சென்று வர அதாவது மொத்தமாக 60 மைலைக் கடக்க ஏறத் தாழ 322 மைக்ரோ விநாடிகளாகும். எனவே, இந்த நேரத்திற்குக் காலவடி செயற்படவேண்டும். மின் எழு - விழுச்சுற்றின் பகுதிகளை, துடிப்புநேரம் 1 அல்லது 2 மைக்ரோ விநாடிகளி லிருந்து 322 மைக்ரோ விநாடிகளுக்கு அதிகரிக்குமாறு அமைப் பது ஒரு கடினமான காரியமன்று.

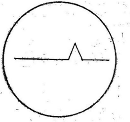
நீண்ட எதிர்க்குறித் துடிப்பு இப்பொழுது காலவடி மின் னிறக்கச் சுற்றிற்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. இதனுடைய அமைப்பு படம் 19.5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 19.5
எதிர்க்குறித் துடிப்பும் மின்னிறக்கச் சுற்றும்

இந்தச் சுற்று சாதாரணமாக ஒரு கடத்திச் சுற்றாகும். துவக்கித் துடிப்பு இல்லாதபோது மின்குழாய் மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றது. அப்பொழுது மின்தேக்கி C மின்னிறக்கமடைந்து ஒளிப்பொட்டு திரையின் இடக் கோடியில் இருக்கின்றது. இப் பொழுது குழாய் எதிர்க்குறித் துடிப்பால் துண்டிக்கப்பட்டு மின் தேக்கி C, மின்னேற்டம் பெறுகின்றது. இதனால் மின்குழாயின் நேர் மின்வாயும் X_2 தகடுளும் நேர் மின்னேற்டத்தைப் பெறு கின்றன. எனவே, ஒளிப்பொட்டு திரையின் வலப்புறம் நகரு கின்றது. பூட்டுத்துடிப்பின் இறுதியில் மின்குழாய் திடீரெனக் கடத்த ஆரம்பித்து மின்தேக்கி C யை மின்னிறக்கம் செய்து ஒளிப் பொட்டைத் திரையின் இடப்புறம் நகர்த்துகின்றது.

இப்பொழுது 19·4 ஐ மீண்டும் கவனிப்போம். மேலே கூறப்பட்டவை ராடார் ஏற்பியில் நிகழும்பொழுது பரப்பியிலிருந்து வெளியேறிய துடிப்பு இலக்கை (target) அடைந்து எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியின் ஏரியலை அடைகின்றது. இங்கு அது ரேடியோ அடுக்க இடைநிலை அடுக்கச் சுற்றுகளுக்குக் கொடுக்கப்பட்டுப் பின்பு பகுக்கப்பட்டுப் பெருக்கப்படுகின்றது. இறுதியாக அவை நேர்க்குறித்துடிப்புகளாக மாற்றப்பட்டு எதிர் மின்கதிர்க்குழாயின் Y தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது.



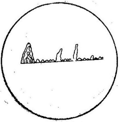
படம் 19.6
ஒளிர்திரையில் கொக்கி

இதனால் திரையில் ஒளிப்பொட்டு மேல்நோக்கி நகரும். ஆனால், இந்தத் துடிப்பு மிகமிகச் சிறிது நேரமே இருப்பதால் மேல்நோக்கி நகர்ந்த பொட்டு மீண்டும் பழைய உயரத்திற்கே வந்து வலப்புறமாக நகரும். இதனால், ஒரே கோடாகத் தெரியும் ஒளிப்பொட்டின் பாதையில் ஒரு கொக்கி உண்டானதுபோல் தெரியும்.

எனவே, அலைத் துடிப்பு புறப்பட்டு இலக்கை அடைந்து திரும்பி வரும் நேரமானது ஒளிப்பொட்டு இடக் கோடியில் இருந்து கொக்கி உண்டான தூரத்தை அடைவதற்காகும் நேரத்திற்குச் சமமாகும். ஆகவே, கொக்கி உண்டான இடத்தின் தூரத்திலிருந்து இலக்கின் தூரத்தைக் கணக்கிட்டுவிடலாம். உதாரணமாகப் பழைய எடுத்துக்காட்டை எடுத்துக்கொண்டால் திரையின் விட்டம் 6 அங்குலம். X_2 தகட்டின் மின் அழுத்தம் 610 மைக்ரோ விநாடிகளில் உச்ச மதிப்பை அடைகின்றது எனக் கொள்வோம். 6 அங்குல தூரம் 610 மைக்ரோ விநாடிகளைக் குறிக்கும். இப்பொழுது கொக்கி 3 அங்குல தூரத்தில் உண்

டானுல் நேரம் 305 மைக்ரோ விநுடிகள். அதாவது இலக்கின் தூரம் $\frac{1000 \times 305}{6 \cdot 1} = 50{,}000$ ஜெஜங்களாகும்.

ராடார் தொடர்ந்து இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது பரப்பி துடிப்புகளை அனுப்பிக்கொண்டே இருக்கின்றது. காலவடித் திரை முழுவதையும் ஒவ்வொரு துடிப்பின்போதும் கடந்து செல்லுகின்றது. எனவே, ஒளிர்திரை படம் 19.7 ல் காட்டியபடி தோற்றமளிக்கின்றது.



படம் 19.7
ஒளிர்திரையின் தோற்றம்

இதற்குக் காரணம் அருகில் உள்ள மரங்களும் கட்டடங்களும் துடிப்புகளை எதிரொளிப்பதேயாகும். மேலும் ஏற்பியின் இரைச்சல் (receiver noise) ஒளிர்திரையில் ஒரு புல்வெளியைப்போல் தோற்றமளிக்கின்றது. உண்மையான இலக்குகளும் அவற்றின் தூரங்களும் காலவடியில் இங்கு மங்குமாகத் தோற்றமளிக்கின்றன. ராடாரிலிருந்து அவற்றின் தூரம் மாறும்பொழுது ஒளிப் பொட்டின் இருப்பிடமும் மாறுகின்றது.

தூரங்களை எவ்வாறு அளப்பது என்பது மேலே கூறப்பட்டது. துடிப்புகளை அனுப்புவதற்கென்று ஓர் ஏரியலும் அவை இலக்குகளின்மீது பட்டுத் திரும்பி வரும்போது அவற்றை ஏற்பதற்கென்று ஓர் ஏரியலும் ஆக இரு ஏரியல்கள் தேவை எனக் கண்டோம். உண்மையில் ஓர் ஏரியல்தான் இவ் விரு செயல்களுக்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இந்த ஒரே ஏரியல் பரப்பும் ஏரியலாகவும் (transmitting aerial), ஏற்கும் ஏரியலாகவும் (recei-

ving aerial) மாறி மாறித் தொழிற்படுகின்றது. இது பரப்பியுடனும் ஏற்பியுடனும் அலைவழிப்படுத்திகள் வாயிலாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.

ராடாரில் *T.R.* சுவிட்சு (switch) எனப்படும் பரப்பி ஏற்பி சுவிட்சு ஒன்று வெகுவாகப் பயன்படுகின்றது. ரேடியோத் துடிப்புகள் பரப்பியிலிருந்து வரும்பொழுது அவை ஏற்பிக்குச் செல்லாமல் இது ஏற்பி ஏரியல் இணைப்பைத் துண்டித்து விடும். அதாவது ரேடியோத் துடிப்புகள் பரப்பியிலிருந்து ஏரியல் வழியாக வெளியே அனுப்பப்படும்பொழுது ஏற்பி செயலற்று இருக்கும். ரேடியோத் துடிப்புகளை அனுப்பிய உடனே பரப்பி - ஏரியல் இணைப்புத் துண்டிக்கப்பட்டு ஏற்பி ஏரியல் இணைப்பு ஏற்படும். இது ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் நீடிக்கும். பிறகு ஏற்பி - ஏரியல் இணைப்பு துண்டிக்கப்பட்டு பரப்பி - ஏரியல் இணைக்கப்படும். இதனால் அலைத்துடிப்புகள் வெளியேறும். இந் நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து செயல்படுகின்றது.

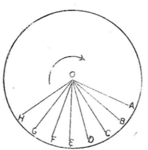
வானவெளியில் பரப்பப்படும் ரேடியோத் துடிப்புகள் நெடுந் தூரம் செல்வதாலும் அவற்றின் ஒரு பகுதியே இலக்குகளால் திருப்பப்படுவதாலும் திரும்பி வரும் அலைத்துடிப்புகள் மிக்க வலு விழந்து காணப்படும். எனவே, இவை பெருக்கப்படவேண்டும். இதற்குக் கலக்கிப் பிரிக்கும் (superhetrodyne) வகையைச் சார்ந்த ஏற்பிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இதைப்பற்றி விரிவாக முன்னமேயே கூறப்பட்டுள்ளது.

இவை ரேடியோத் துடிப்புகளை ஏற்று, இனங்கண்டு, பகுத்து, பெருக்கி, எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் *Y* தகடுகளுக்கு அனுப்பப்படு கின்றன. இவை *Y* தகட்டில் ஒரு மின் அழுத்தத்தை உண்டாக்கி, ஒரு கொக்கியைத் தோற்றுவிக்கின்றன எனப் பார்த்தோம். மேலே விவரித்ததுபோலக் கொக்கியின் தூரத்திலிருந்து இலக்கின் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

இதுகாறும் கூறப்பட்டதிலிருந்து ராடாரை ஒரு விமான நிலையத்தில் இறங்குவதற்கு வரும் விமானங்களைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்துவதாகக் கொள்வோம். இது செவ்வனே நடைபெற ராடார் ஏரியல் விமானம் உள்ள திசையிலேயே இருக்கவேண்டும். மற்றத் திசைகளில் உள்ள விமானங்களையும் காண, ஏரியலைத் தொடர்ந்து திருப்பிக்கொண்டே இருக்கவேண்டும். ஒரு குறிப் பிட்ட நேரத்தில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயின் திரையில் ஒரு விமானம் வருவது தென்பட்டால் அந்த நேரத்தில் ஏரியலின் திசையைப் பார்த்துத்தான் விமானம் வரும் திசையை அறிந்து

கொள்ள முடியும். இதிலிருந்து ஒளிர்திரையைமட்டும் பார்த்து விமானத்தின் திசையை அறிய முடியாது என்பதும் எல்லாத் திசைகளிலும் உள்ள விமானங்களை ஒரே நேரத்தில் காண இயலாது என்பதும் புலனாகின்றன. இந்த முறையில் ராடாரின் சூழ்நிலையை முழுவதுமாக உடனுக்குடன் அறிவதென்பது இயலாத காரியம். இதற்கெனச் சுற்றியுள்ள பொருள்களைப் படம் பிடித்துக் காட்டுவதுபோல ஒரு புதிய அமைப்பினைத் துடிப்பு ராடாரில் பயன்படுத்துகின்றனர். இது P. P. I. அல்லது நிலப் படத்தில் இடம் காட்டி (plan position indicator) என அழைக்கப்படு கின்றது. இதைச் சுருக்கமாக பி. பி. ஐ. என்றே அழைக்கலாம்.

இந்த முறையில் ஒளிப்பொட்டு, திரையின் இடக் கோடியி லிருந்து புறப்படாமல் திரையின் மையத்திலிருந்து புறப்படுகின்றது. எனவே, இதைக்கொண்டு அளக்கக்கூடிய பெரும் தூரம் (maximum



படம் 19.8
நிலப்படத்தில் இடங்காட்டி

distance) திரையின் ஆரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். பொட்டு செல்லும் பாதை, ஒரு நேர்க்கோடாகத்தோன்றும். இது படம் 19·8 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

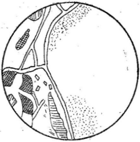
மேலும் ஏரியல் ஒரு திசையை நோக்கி நிலையாக இல்லாமல் பல திசைகளிலும் சுழன்று கொண்டிருக்கும். இதனையொட்டி. அதே விகிதத்தில் காலவடிச் சுற்றும் திரையின்மீது சுழலு

மாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். எனவே, ஏரியல் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையை நோக்கி உள்ளபோது ஒளிர் திரையில் காலவடிக் கோடு OA வானால் ஏரியல் 5 டிகிரி திரும்பும்போது OA என்ற கோடும் 5 டிகிரி திரும்பி OB ஐ அடையும். இதனால் பொருள்களின் திசையை ஒளிர் திரையிலேயே காணலாம். ஏரியல் ஒரு முழுச்சுற்று சுற்றினால் வானம் முழுவதையும் துருவிப் பார்த்து விடலாம். இது எப்படி என்பதைக் கீழே பார்ப்போம்.

இத்தகைய அமைப்பில் திரையில் பூசப்பட்டிருக்கும் ஒளிரும் பொருள் ஒரு தனி வகையானது. பொட்டு திரையின்மீது நகரும் பொழுது இதில் ஒளி ஏற்படாத வண்ணம் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ராடாரின் ஏரியலிலிருந்து சென்று இலக்குகளின்மீது பட்டு எதிரொளித்துவரும் துடிப்புகள் எதிர் மின் கதிர்க் குழாயின் எதிர் மின்வாயைச் சென்று அடையும்படி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் பொட்டினை உண்டாக்கும் எலெக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு அதிகரிப்பதால் திரையில் பொட்டு ஒளிரும். துடிப்பு எதிரொளித்து வந்தால்தான் அவற்றுக்கேற்பத் திரையில் ஒளிப் பொட்டு தோன்றும். இம் முறையில் ஒவ்வொரு திசையிலும் ஏரியல் உள்ளபோது அத் திசையில் உள்ள பொருள்களைக் குறிப்பிடும் ஒளிப்பொருள்கள் திரையில் தோன்றும். ஏரியல் ஒருமுறை சுழலும்போது வானம் முழுவதையும் துருவி விடுவதால் எல்லாத் திசைகளிலும் உள்ள பொருள்களும் திரையில் காணப்படும். ஏரியல் ஏறத்தாழ ஒரு நிமிடத்திற்கு 5 சுழற்சிகள் என்னும் விகிதத்தில் சுழல்வதாலும் எலெக்ட்ரான் கற்றை திரையின் மையத்திலிருந்து விளிம்புக்குச் செல்லச் சில மைக்ரோ விநாடிகளே ஆவதாலும், ஒவ்வொரு திசையும் பலமுறை மிகத் துல்லியமாகத் துருவப்படுகின்றது. மேலும், திரையில் பூசப்பட்டுள்ள ஒளிரும் பொருளின் தனித் தன்மையினால் பொட்டு உடனே மறைந்துவிடாமல் சிறிது நேரம் நீடிக்கின்றது. எனவே, OA என்ற திசையில் எலெக்ட்ரான் கற்றை செல்லும்பொழுது, ஓர் எதிரொளித் துடிப்பால், ஓர் ஒளிப்பொட்டு தோன்றுமானால் அது வான் கம்பி ஒரு முழு சுழற்சி செய்யும்வரை நீடிக்கும். மீண்டும் அதே பொருளால் தோன்றும் எதிரொளித் துடிப்பால் பொட்டின் பொலிவு குறையாதிருக்கும். எனவே, எல்லா நேரங்களிலும் எல்லாத் திசைகளிலுமுள்ள பொருள்களையும் திரையின் மீது காணலாம்.

இந்த பி. பி. ஐ. முறையை விமானத்தில் இருந்து நிலத்தைத் துருவிப் பார்க்கவும் பயன்படுத்தலாம். அப்போது நீர்ப் பரப்பானது ரேடியோ அலைகளை அவை வரும் திசைக்கு வேறுபட்ட திசைகளில் திருப்பமடையச் செய்யும். அதனால் நீர்ப்

பரப்பில் படும் அலைகள் ராடாருக்குத் திரும்பி வருவதில்லை. ஆகவே, நீர்ப்பரப்புகள் ராடார் திரையில் கறுப்பாகத் தோற்ற



படம் 19.9 (a)
உண்மைத் தோற்றம்

படம் 19.9 (b)
ராடார் தோற்றம்

மளிக்கும். கரடு முரடான நிலப்பரப்புகள் ராடாரில் ஒளிப் பொட்டைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ராடார்த் திரையில் நீர்ப்

பரப்பும் நிலப்பரப்பும் மிகத் தெளிவாகத் தெரியும். மேலும் சில அமைப்புகளை மாறுபடுத்தி நிலப்பரப்பில் உள்ள பெரும் கட்டடங்கள், பூங்காக்கள், வீதிகள் ஆகியவற்றைத் தனித்தனியாகத் திரையில் கண்டு கொள்ளலாம். அதாவது ராடாரின் பி. பி. ஐ. த் திரையில் நிலத்தின் பொதுவான படம் தெரியும். இதை ராடார் படம் என்கின்றோம். படம் 19.9 (a), (b) களில் ஒரு நிலப்பரப்பின் படமும் அதனுடைய ராடார் படமும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

சிறிது பழக்கத்தின் காரணமாக ராடார் திரையில் காணப்படுகின்ற ஒவ்வொன்றும் குறிக்கின்ற பொருள்களைத் தெளிவாக உணர்ந்து கொள்ளலாம். மிகக் குறுகிய அலைநீளங்களை உடைய மைக்ரோ அலைகளைப் பயன்படுத்தினுல் படங்கள் மேலும் தெளிவாகத் தெரியும்.

வினுக்கள்

1. எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் ஒளிப்பொட்டு திரையின் குறுக்கே எவ்வாறு நகர்த்தப்படுகிறது ?

2. மின்காந்த அலைகள் ஒரு வினுடியில் 1,86,800 மைல்கள் செல்லுகின்றன. அவை (a) ஒரு மைக்ரோ வினுடியில், (b) ஒரு மில்லி வினுடியில் செல்லும் தூரங்களைக் கணக்கிடு.

3. மின்காந்த அலைகள் (a) 1000 கெஜங்கள் (b), 10,000 கெஜங்கள், (c) 50,000 கெஜங்கள் செல்வதற்கான நேரங்களைக் கணக்கிடு.

4. ஒரு ராடாரின் முழு அமைப்பையும் ஒரு திட்டப்படத்துடன் விளக்கு.

5. நீண்ட எதிர் சைகைத் துடிப்புகளை உண்டாகுவதற்குரிய மின்சுற்றைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

6. ராடாரில் *T. R.* சுவிட்சு ஒரு வியத்தகு அமைப்பாகும். ஏன் ?

7. *T. R.* சுவிட்சு தொழிற்படும் விதத்தைச் சுருக்கி வரைக.

8. *P. P. I.* — இதைச் சுருக்கமாய் விளக்குக.

9. ராடாரில் உள்ள காட்டி வகைகளைப் (display) பற்றிச் சுருக்கி வரைக.

10. சிறு குறிப்பு வரைக :

(a) எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் ஒளிர்திரை.

(b) திருத்தி வரம்புச் சுற்று.

(c) *T. R.* சுவிட்சு.

(d) ஏற்பியில் இரைச்சல்.

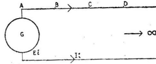
20. ஒத்திசைவுக் கம்பிகள்

(Resonant lines)

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள் (transmission lines) அல்லது ஊட்டுக் கம்பிகள் (feeder lines) என்பவை இணையான கம்பி களாலோ, ஒரு மைய (concentric) உருளைகளாலோ ஆனவை. இவை பரப்பியின் வெளிவரு பகுதியை ஏரியலுடனும் ஏரியலை ஏற்பிச்சுற்றுடனும் இணைப்பதற்குப் பயன்படுகின்றன. மேலும், அவற்றை இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றுகளைத் தூண்டுவதற்கும் மின்மாற்றிகளில் மின் எதிர்ப்பைச் சீர்செய்வதற்கும் பயன்படுத்த லாம். இந்தப் பகுதியில் குறிப்பாக நாம் நீண்ட ஒத்ததிர்வுக் கம்பிகளைப்பற்றிமட்டுமே காண்போம். நீண்ட கம்பிகள் என்று கூறும்பொழுது அவற்றின் நீளங்கள் அவற்றின் வழியே செல்லு கின்ற அலைகளின் நீளங்களுடன் ஒப்பிடக் கூடியனவாக இருக்கும். இத்தகைய நீண்டகம்பிகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையான கம்பி களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். 50 மைல் நீளமுள்ள ஒரு கம்பி, ஒரு விநாடிக்கு 100 சுற்றுகளை எடுத்துச் செல்லும்பொழுது சிறியதாகக் கருதப்படும். ஏனெனில் இப்பொழுது அலை நீளம் ஏறக்குறைய 1800 மைல்களாகும். ஆனால், இரண்டு அங்குலம் நீளமுள்ள ஒரு கம்பி ஒரு விநாடிக்கு 3000 மெகா சுற்றுகளை எடுத்துச் செல்லும்பொழுது மிக நீண்டதாகக் கருதப்படும். ஏனெனில், இந்த 2 அங்குலம் அலை நீளத்தில் ஏறக்குறையப் பாதி யாகும். மிக அதிக அடுக்கங்களில் (ultra - high - frequencies) மேலே சொல்லப்பட்டவை முற்றிலும் உண்மையாகும்.

விநாடிக்கு 25 மெகா சுற்றுகள் அல்லது அதற்குக் குறைந்த அடுக்கங்களில் மின் நிலைமங்களையும், மின்தேக்கு திறனையும் தகுந்த முறையில் மின் சுற்றுகளில் குறிப்பிட்ட இடங்களிலேயே செயற்படும்படி அமைக்கலாம். அப்பொழுது மின் நிலைமம் கம்பிச் சுருள்களிலும், மின்தேக்குதிறன், மின்தேக்கிகளிலும் செறிந் திருப்பதாகக் கருதலாம். விநாடிக்கு 25 மெகா சுற்றுகளுக்கும்

அதிகமான அடுக்கங்களில் இந்தத் தற்கோள் (assumption) பொருந்தாது. இணைப்புக்கம்பிகளில் பரவலாகச் செயற்படும் மின் நிலைமங்களையும் மின்தேக்கு திறன்களையும் இப்பொழுது கருத்தில் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். விநாடிக்கு 1000 மெகா சுற்றுகளுக்கும் அதிகமான அடுக்கங்களில் மின்சுற்றுக் கம்பிகளே ஒத்ததிர்வுக் கம்பிகளாகச் செயல்படுகின்றன. கம்பிகளின் முழு நீளத்திலும் மின்நிலைமங்களும் மின்தேக்குதிறனும் அமைந்துள்ளன. இத்தகைய கம்பிகளில் மிக முக்கியமானவை மின் நிலைமம் L. ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்திற்கு மின் தேக்குதிறன் C ஆகும்.



படம் 20.1
முடிவற்ற ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி

படம் 20·1-ல் காட்டப்பட்ட எல்லையற்ற நீளமுடைய ஒரு கம்பியைக் கவனிப்போம்.

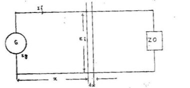
கம்பியுடன் G என்ற இடத்தில் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட இயற்றி (alternating current generator), உதாரணமாக ஒரு மின் குழாய் அலைவியற்றி இணைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு அலைவியற்றியில் ஒரு தடை இயங்க ஆரம்பிக்கும். இந்தத் தடையை ZK என்று அழைப்போம். பிறகு

$$ZK = Ei / Ii$$

இவ்வாறு அந்தக் கம்பி நாம் எதிர்பார்த்தபடி திறந்த சுற்றுகச் (open-circuit) செயற்படுவதில்லை. கம்பியின் ஒவ்வொரு பகுதியும் மின் தடை, மின்தேக்குதிறன், மின் நிலைமம், கசிவு ஆகியவற்றைப் பெற்றுள்ளன. இவை கம்பி முழுவதும் பரவலாக அமைந்துள்ளன.

இப்பொழுது அந்த மாறுதிசை மின்னோட்ட இயற்றி, குறிப்பிட்ட நீளமுடைய கம்பியுடன் இணைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். கம்பி மறுமுனையில் ZO என்ற தடையுடன் இருப்பதாகக்

கொள்வோம். கம்பியின் நீளம் பல அலைநீளங்களுக்குச் சமம் என்றும் கொள்வோம். இந்த அமைப்பு படம் 20.2 ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.



படம் 20·2
வரம்புக்குட்பட்ட ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி

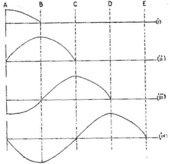
இயற்றி வேலை செய்யும்பொழுது ஆற்றல் கம்பி வழியே சென்று ZO என்ற தடைக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. எல்லை யற்ற நீளமுள்ள கம்பியில் உள்ளதைவிட இங்கு மின்னோட் டத்தைச் சுலபமாக அறியலாம். இரண்டு முறைகளிலும் கம்பிகள் காற்றினால் பிரிக்கப்பட்டும் மிகக் குறைந்த மின்தடையை உடை யனவாகவும் இருந்தால், அவற்றின் வழியே செல்லுகின்ற அலை களின் திசைவேகம் வானவெளியில் செல்லுகின்ற மின்காந்த அலைகளின் திசைவேகத்திற்கு ஏறக்குறைய ஒப்பானதாக இருக்கும். எனவே, கம்பிகளில் அலைநீளம் வானவெளியில் அலை நீளத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். ஆனால், கம்பிகள் ஒரு மின் கடத்தாப் பொருளில் (dielectric) பாதிக்கப்பட்டிருந்தால், கம்பியில் அலைநீளம் λK வானவெளியின் அலைநீளம் λs உடன் கீழ்க் கண்ட சமன்பாட்டினால் இணைக்கப்படுகிறது.

$$\lambda K = \frac{\lambda s}{\sqrt{K}}$$

இங்கு K என்பது ஒரு மின் கடத்தாப்பொருள் மாறிலியாகும். எனவே, ஒரு மின்கடத்தாப் பொருளில் பதிக்கப்பட்டுள்ள கம்பியில் திசைவேகம் வானவெளியில் திசைவேகத்தைப்போல் $1/\sqrt{K}$ ஆகும்.

படம் 20.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ள இயற்றி எல்லையற்ற நீள முள்ள கம்பியுடன் $t = 0$ என்ற கணத்தில் இணைக்கப்படுவ தாகக் கொள்வோம். பிறகு இயற்றியின் அலைவுகளின் அலைவு

நேரத்தில் நான்கின் ஒரு பகுதியில் A என்ற புள்ளியில் மின் அழுத்த வேகம் உச்ச கட்டத்தை அடையும் [படம் 20.3 ஐக் காண்க]



படம் 20.3
முடிவற்ற கம்பியில் அலைவுகள்

A என்ற புள்ளியில் முன்பு இருந்த நிலைமை B யை அடைகின்றது. எனவே, கம்பியில் மின் அழுத்தபேதம் படம் 20·3 (i)-ல் காட்டப் பட்டுள்ளதுபோல் இருக்கும். கால் அலைவு நேரத்திற்குப் பிறகு B-ல் இருந்த நிலைமை C க்குச் சென்றுவிடும். A யில் இருந்த நிலைமை B யை அடையும். A யில் மின்னழுத்தபேதம் சூழியாகி விடும். இப்போது ஏதாவது ஒரு புள்ளி, காட்டாக B யை எடுத்துக் கொண்டால் அதில் மின் அழுத்தபேதம் சைன் வளைகோட்டுப்படி மாறுபடும். வேறு எந்தப் புள்ளியிலும் இதே நிலைமைதான் உண்டாகும். ஆனால், கட்டபேத மாறுபாடுகள் இருக்கும். எனவே, இத்தகைய நிலைமையில் எல்லாப் புள்ளிகளிலும் வீச்சு ஒரே அளவு எனக்கொண்டால் கம்பியின் வழியே ஓர் அலை செல்வதாகக் கொள்ளலாம்.

ஒரு வரம்புடைய கம்பியில் அலை Zo என்ற இறுதியை அடையும். Zo அலையின் முழு ஆற்றலையும் கவராவிட்டால் எதிரொளிப்பு ஏற்படுகின்றது. இயற்றியிலிருந்து Zoவை நோக்கிச்

செல்லுகின்ற அலைகளும் Z_0விலிருந்து இயற்றியை நோக்கி வருகின்ற அலைகளும் சேர்ந்து நிலையான அலைகள் (standing waves) ஏற்படு கின்றன. வரம்பில் ஆற்றல் வருகின்ற அளவிலேயே கவரப் பட்டால், நிலையான அலைகள் உண்டாகா. இயற்றியிலிருந்து Z_0வை நோக்கி ஒரு போக்கு அலைகளே அமையும். அதாவது இத்தகைய அமைப்பு ஓர் எல்லையற்ற நீளமுடைய கம்பியை ஒத்திருக்கும்.

கம்பியின் மிகக் குறுகிய ஒரு பகுதியைக் (dx) கவனிப்போம். இத்தக் கம்பியின் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் மின்னோட்டம், மின்னழுத்த பேதம் ஆகியவற்றிற்குச் சமன்பாடுகளை வரையறுக்க லாம். எல்லையற்ற நீளமுடைய கம்பிகளுக்கு அலை எதி ரொளிப்புகள் இல்லாதபொழுது, மின்னோட்டம் Ii, மின்னழுத்தம் Ei ஆகியவை கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகளால் பெறப்படுகின்றன.

$$Ei = Eg.e^{\frac{-2\pi jx}{\lambda}}$$

$$Ii = Eg\sqrt{\frac{C}{L}}.e^{\frac{-2\pi jx}{\lambda}}$$

இங்கு e என்பது நேப்பீரியன் லாக்ருதத்தின் (Naperien logarithm) அடிப்படையாகும். C மின்தேக்கி திறன், L மின்நிலைமம், λ அலை நீளம் ஆகும். இவற்றிலிருந்து கம்பி, இயற்றிக்கு ஒரு தூய மின் தடை விளைவுகளைக் கொடுப்பதைப்போலவே தானும் கொடுக் கின்றது என்பது புலனாகின்றது. ஆகவே,

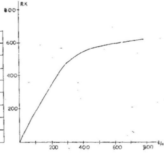
$$RK = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

மேலே கூறப்பட்டவற்றிலிருந்து குறிப்பிட்ட நீளமுள்ள ஒரு கம்பி ஒரு மின்தடையினால் வரையறுக்கப்பட்டால் அந்தக் கம்பியும் வரம்பு மின் தடையும் சேர்ந்து ஓர் எல்லையற்ற நீள முள்ள கம்பியைப்போல் செயல்படுகின்றன என்பது புலனா கின்றது. வரம்பை யடைகின்ற ஆற்றல் முழுவதும் கவரப்படுவ தனால் எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதில்லை. மேலே கண்ட சமன் பாடுகள் மின்னழுத்தபேதம், மின்னோட்டம் ஆகியவற்றை எல்லை யற்ற நீளமுள்ள கம்பியிலும் சரியாக வரையறுக்கப்பட்ட கம்பியின் எந்தப் புள்ளியிலும் கொடுக்கின்றன.

ஆற்றல் திருப்பத்தை அறவே நீக்குவதற்குச் சரியான மின் தடை RKக்குச் சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு (characteristic impedance)

அல்லது எழுச்சி மின் எதிர்ப்பு (surge impedance) என்று பெயர். அதனுடைய மதிப்பு (i) a ஆரமும் b இடைவெளியில் பிரிக்கப் பட்டுள்ள இணையான கம்பிகளுக்கு $RK = 277 \log_{10} b/a$ ஓம்கள் ஆகும். (ii) உள் ஆரம் r, வெளி ஆரம் r_1 உடைய ஒரு மைய உருளைகளுக்கு $RK = 138 \log_{10} \frac{r_1}{r}$ ஓம்கள் ஆகும். நடைமுறையில் RK யின் மதிப்பு வெகுவாகக் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. திறந்த இணையான கம்பிகளில் நீளம் அதிகமாக இருக்கும்பொழுது b/a ன் மதிப்பு 100 க்கு அதிகமாகவோ 5 க்குக் குறைந்தோ

b/a	RK
5	193
10	276
20	360
50	470
100	552
200	636
500	746
1000	828



படம் 20.4
திறந்த இணைச்சுற்றில் அட்டவணையும் வரைபடமும்

கிடைப்பதில்லை. படம் 20.4ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையும் வரைபடமும் $b/a = 100$ ஆகும் வரையில் RK, b/a யுடன் விரைவாக அதிகரிக்கின்றது என்பதையும், அதற்குப் பிறகு b/aன் மதிப்பு ஒரு மாறிலியாக உள்ளது என்பதையும் காட்டுகின்றன. அதாவது b/a ன் மதிப்பு ஏறத்தாழ 200க்கும் 600க்கும் இடையில் உள்ளது. ஒருமைய உருளைகளில் RK ன் மதிப்பு பொதுவாக 80 ஓம்களாகப் பெறப்படுகின்றது. எனினும் $\frac{r_1}{r}$ ன் மதிப்பு இரண்டிலிருந்து பத்துக்கு உயரும்போது RK ன் மதிப்பு 50 லிருந்து 140 ஓம்களுக்கு உயருகின்றது. இரு காப்பிடப்பட்ட கம்பிகளை முறுக்கி ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியாகவும் பயன்படுத்தலாம்.

இப்பொழுது b/aன் மதிப்பை மிகக் குறைத்து RKன் மதிப்பை 100 லிருந்து 200க்குள் கொண்டுவரலாம்.

RKல் மின் கடத்தாப் பொருளின் விளைவு (Effect of dielectric constant):

மிக நீண்ட தூரத்திற்கு ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள் தேவைப் பட்டால் இரண்டு கடத்திகளையும் ஒரு காப்பிடப்பட்ட இடை வெளி நிரப்பியைக் கொண்டு (insulating space) பிரிக்கவேண்டும். இந்த நிரப்பிகள் ஓர் அலை நீளத்திற்கும் குறைவான இடைவெளி களில் வைக்கப்பட்டால், அப்பொழுது அவை, தொடர்ச்சியாக இருப்பதைப்போலவே செயற்படுகின்றன. இந்த நிலையில் மின் கடத்தாப்பொருள் மாறிலியின், அதாவது Kன் மதிப்பு 1 க்கும் அது செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் மின் கடத்தாப்பொருள் மாறிலிக்கும் இடையே இருக்கும். இடைவெளி நிரப்பிகளை மிகக் குறுகிய இடைவெளிகளில் பயன்படுத்தினல் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி காற்றினல் பிரிக்கப்பட்டுள்ளதைப்போலவே செயற்படும்.

கடத்திகளுக்கிடையே மின் கடத்தாப் பொருளை நிரப்பினல் கம்பியின் மின்தேக்கு திறனை ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்திற்கு K பங்கு அதிகரிப்பதற்கு ஒப்பாகும். இதனல் அலையின் திசை வேகம் குறைந்து RKன் மதிப்பும் குறைகின்றது. இந்த முறையில்

$$RK = \sqrt{\frac{L}{Kc}} = \frac{1}{\sqrt{K}}\sqrt{\frac{L}{c}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{K}} \cdot RK\,(\text{காற்றிற்கு})$$

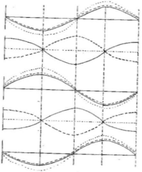
இவ்வாறு ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளில் அவற்றின் மின்தடை RKயை 40 ஓம்களாகும்படி செய்யலாம்.

திருப்பப்பட்ட அலைகள் (Reflected waves):

இங்கு இரு வகைகளைக் கவனிப்போம். (1) திறந்த வகைச் சுற்றுகள் (open circuits), (2) குறுக்குச் சுற்றுகள் (short circuits).

ஓர் அலைநீள (λ) நீளமும், தொலைமுனையில் திறந்துமுள்ள ஒரு கம்பியைக் கவனிக்கவும். இதனுடன் ஓர் இயற்றியை இணைக்கும்பொழுது கம்பியினூடே ஓர் அலை பரவுகின்றது. இந்த அலை கம்பியின் வரம்பை ஓர் அலைவு நேரத்தில் அடைந்து ஆற்றல் கவரப்படமுடியாததால் எதிரொளிக்கப்படுகின்றது.

வரம்பில் மின்னோட்டம் சுழியாக இருப்பதால் எதிரொளிக்கப்பட்ட அலை கட்டத் திருப்பத்தை (phase reversal) அடைகிறது. இயற்றியே RK க்குச் சமமான ஓர் அகமின்தடையைப் பெற்றிருந்தால் கம்பியில் எந்தப் புள்ளியிலும் மின்னோட்டம் இரு மின்னோட்டங்களின் தொகுபயனாகும். எதிர்த்திசைகளில் செல்லுகின்ற இரு சமமான அலைகளும் ஒன்றோடொன்று சேர்ந்து நிலையான அலைகளை உண்டுபண்ணுகின்றன. இவற்றின் அமைப்பு படம் 20.5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



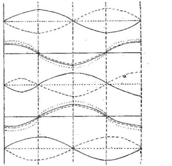
படம் 20.5

திறந்த கம்பியில் மின்னழுத்தமும் மின்னோட்டமும்

இந்த அலைகளின் அமைப்பு ஆர்கன் குழாய்களிலும் அதிர்வுறும் கம்பிகளிலும் உண்டாகும் அலைகளைப்போலவே இருக்கும். அலை நீளங்களின் பாதி அளவால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும் புள்ளிகளில் அலையின் வீச்சு சுழியாகவே இருக்கும். இந்தப் புள்ளிகளுக்கு மின்னோட்டக் கணுக்கள் (nodes) என்று பெயர். இவற்றுக்கு இடையே பாதி தூரங்களில் உள்ள புள்ளிகளில் வீச்சு உச்ச மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். இவற்றுக்கு மின்னோட்ட எதிர்க் கணுக்கள் (anti nodes) என்று பெயர். முற்போக்கு அலைகள் எதிரொளிக்கப்படும் அலைகள் ஆகியவற்றிலுள்ள புள்ளிகள்

ஒரே கட்ட பேதத்திலோ அல்லது எதிர்க்கட்ட பேதத்திலோ இருக்கும்.

இந்த வகைக்கு மின்னழுத்தபேத மாறுபாடுகளைக் கவனித்தால் முற்போக்கு அலைகள் வரம்பை அடையும்பொழுது மின்னோட்டம் சுழியாவதால் அதைச் சூழ்ந்துள்ள காந்தப்புலத்தில் ஆற்றல் சுழியாகிறது. இந்த ஆற்றல் மின் புலத்திற்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. எனவே, வரம்பில் மின்னழுத்தபேதம் அதிகரிக்கின்றது. குறிப்பாகச் சொல்லப்போனால் மின் அழுத்தபேதம் இருமடங்காகிறது. எனவே, திறந்த சுற்று வரம்பில் மின்னழுத்தத்தில் கட்டத் திருப்பம் ஏற்படுவதில்லை. மின்னோட்டத்தைக்



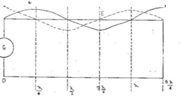
படம் 20.6
குறுக்குச் சுற்றில் மின்னழுத்தமும் மின்னோட்டமும்

கவனித்தால் மின்னழுத்தக் கணுக்கள் உள்ள புள்ளிகளில் மின்னோட்ட எதிர்க்கணுக்களும், மின் அழுத்த எதிர்க் கணுக்கள் உள்ள புள்ளிகளில், மின்னோட்டக் கணுக்களும் அமைகின்றன. முற்போக்கு, எதிரொளிப்பு அலைகளில் இரு புள்ளிகள் ஒத்த கட்டபேதத்திலோ, ஒன்றுக்கொன்று மாறுபட்ட கட்டபேதத்திலோ அமைகின்றன.

இப்பொழுது ஓர் அலைநீளம் (λ) நீளமுடைய குறுக்குச் சுற்றுக் கம்பியைக் கவனிப்போம். அதில் முதலில் மின்னழுத்த

பேதத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடுகளைக் கவனிப்போம். வரம்பில் மின் எதிர்ப்பு, சுழியாவதால் மின் அழுத்தம் இருப்பதற்கில்லை. எனவே, வரம்பில் மின் அழுத்த பேதக்கணு உண்டாகின்றது. எதிரொளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த பேத அலை வரம்பில் கட்ட மாறுதலை அடைகின்றது. இதைத் திறந்த சுற்றுக் கம்பியில் மின்னோட்ட அலைக்கு ஒப்பிடலாம். இவ்வாறு குறுக்குச்சுற்று வரம்பில் மின்னழுத்தபேதக் கணுக்கள் திறந்த சுற்று மின்னோட்டக் கணுக்களுடன் ஒத்திருக்கின்றன. அதாவது படம் 20.5ல் காட்டப்பட்டுள்ள கம்பியைக் குறுக்குச் சுற்றுக்கினால் பல்வேறு கணுக்கள் அலை நீளத்தின் நான்கில் ஒரு பகுதி தள்ளப்படும்.

வரம்பில் மின்னோட்ட அலைகளைக் கவனித்தால் மின்புலம் சிதைந்து ஆற்றல் காந்தப்புலத்திற்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. இதனால் மின்னோட்டம் அதிகரித்து ஒரு சரியான குறுக்குச் சுற்றிற்கு இரு மடங்காகின்றது. இதனால் எதிரொளிக்கப்பட்ட மின்னோட்ட அலை கட்டபேத மாறுபாட்டை அடைவதில்லை. இங்கு நிலையான மின்னோட்ட அலைகள் திறந்த சுற்றின் மின்னழுத்தபேத அலைகளோடு ஒத்திருக்கின்றன.



படம் 20.7

திறந்த கம்பியில் நிலையான அலைகள்

படம் 20.7 ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு பொதுவான அமைப்பைக் கவனிப்போம். இங்கு ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட இயற்றி மறுமுனையில் குறுக்குச் சுற்றுக்கப்பட்ட இரு இணையான கம்பிகளுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

வரம்பில் ஆற்றல் கவரப்படாததால், இயற்றி வேலை செய்யும் பொழுது திருப்பம் முழுமையாக நடைபெறுகின்றது. மின்னோட்டம், மின்னழுத்தபேதம் ஆகியவற்றின் நிலையான அலைகள்

கம்பியில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. கம்பியின் மறுமுனையில் எப்பொழுதும் ஒரு மின்னழுத்தக் கணுவும் ஒரு மின்னோட்ட எதிர்க்கணுவும் இருக்கும். இதன் காரணமாகவும், அலைகளின் நீளம் இயற்றியின் அதிர்வைப் பொறுத்திருப்பதாலும் இயற்றியில் மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றின் மதிப்பு கம்பிகளின் நீளத்தைப் பொறுத்திருக்கும். மேலேயுள்ள படத்தில் கம்பிகளின் நீளம் ஒன்றேகால் அலை நீளத்திற்குச் சமமாக உள்ளது. இயற்றி உள்ள கம்பியின் முனையில் மின்னழுத்தபேதம் உச்ச அளவிலும், மின்னோட்டம் சுழியாகவும் உள்ளது. குறுக்குச் சுற்றுக்கப்பட்ட கம்பி இயற்றிக்கு எல்லையற்ற மின் எதிர்ப்பைப்போல் தொழிற்படு கின்றது. கம்பியின் நீளம் $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$ ... ஆக இருக்கும் பொழுது இதே நிலைமை நீடிக்கின்றது. இல்லையேல் கம்பியில் இயற்றி உள்ள முனையில் மின்னோட்டம் சுழியாவதில்லை; மின்னழுத்தமும் உச்ச கட்டத்தை அடைவதில்லை. மின் எதிர்ப்பு தூய மின்தடையாகின்றது. மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் ஆகியவை கம்பியின் அச்சிற்கு ஒரே பக்கத்தில் இருக்கும்பொழுது மின் தூண்டல் விளைவாகவும், எதிரெதிர்ப் பக்கங்களில் இருக்கும் பொழுது மின்தேக்கி விளைவாகவும் உள்ளன. எனவே, கம்பி அதன் நீளத்தைப் பொறுத்து மின்நிலைமமாகவோ மின்தேக்கி யாகவோ செயற்படுகின்றது.

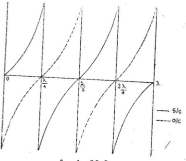
இதே மாதிரியாகத் திறந்த சுற்றுக் கம்பியில் அதன் நீளம் $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$. ... ஆக இருந்தால் மின் எதிர்ப்பு சுழியாகும். இது இயற்றி வேலை செய்யும் பொழுதுமட்டுமே பொருந்தும். ஆகவே, சுழியிலிருந்து எல்லையற்ற மதிப்புவரை எந்த அளவு வேண்டுமானாலும் மின் எதிர்ப்பைத் தகுந்த நீளமுள்ள திறந்த சுற்றைப் பயன்படுத்தியோ குறுக்குச் சுற்றைப் பயன்படுத்தியோ பெறலாம்.

படம் 20.8 ல் காட்டப்பட்டுள்ள வளைகோடுகள், குறுக்குச் சுற்றுகள், திறந்த சுற்றுகள் ஆகிய இரண்டிற்கும், நீளம் மாறு படும்பொழுது மின்எதிர்ப்பு மாறுபடும் விதத்தைக் காட்டு கின்றன.

இங்குக் கம்பியில் ஆற்றல் விரயமாவதில்லை யென்றும், வரம்புகள் சீராக அமைக்கப்பட்டுள்ளன என்றும் கொள்ளப் பட்டுள்ளது. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் மறுமுனை குறுக்குச் சுற்றாக இருக்கும்பொழுது மின் மறுப்பு X_S என்றும், திறந்த சுற்றா யிருக்கும்பொழுது X_0 என்றும் கொண்டால் பிறகு சிறப்பியல் மின்எதிர்ப்பு $R^K = \sqrt{X_s \cdot X_0}$ என்று பெறப்படுகின்றது. இவ்வாறு

ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் சிறப்பியல் மின்எதிர்ப்பைச் சுலபமாக அளக்கலாம்.

ஆற்றலூட்டும் கம்பிகள் அவை குறுக்குச் சுற்றுக் கம்பிகளாயினும் சரி, திறந்த சுற்றுக் கம்பிகளாயினும் சரி, சாதாரண இசைவுச் சுற்றுகளின் குணங்களைக் காண்பிக்கின்றன. எனவே, அவை உயர் அடுக்க அலைவியற்றிகளிலும் ஏற்பிச் சுற்றுகளிலும் பயன்படுகின்றன. ஒற்றை எண் (odd), கால் அலைநீளங்கள் நீள



படம் 20.8
சுற்றுகளில் நீள மாறுதல்களும் மின்னெதிர்ப்பு மாறுதல்களும்

முடைய குறுக்குச் சுற்றுக் கம்பியை ஒரு கம்பிச் சுருளையும் மின்தேக்கியையுமுடைய இணை இசைவுச் சுற்றுக்கு ஒப்பிடலாம். இரட்டை எண் (even) கால் அலை நீளங்களையுடைய திறந்த கம்பிச் சுற்றையும், இத்தகைய இணை இசைவுச்சுற்றுக்கு ஒப்பிடலாம். இதேபோல ஒற்றையெண் கால் அலை நீளமுடைய ஒரு திறந்த சுற்றுக் கம்பியையும், இரட்டை எண் கால் அலை நீளங்களையுடைய குறுக்குச் சுற்றுக் கம்பியையும் ஒரு தொடரிணைப்பு இசைவுச் சுற்றுக்கு ஒப்பிடலாம். செம்மையாகச் செய்தால் ஒத்ததிர்வு ஆற்றலூட்டும் கம்பிகள் - இவற்றிற்கு லெஹர் கம்பிகள் என்றும் பெயருண்டு - அதிக அடுக்கங்களில் மிக அதிக Q மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். இந்த முறையில் இவை சாதாரண இசைவுச் சுற்றுகளைவிட மிக மிகச் சிறந்தவையாகும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. இணையான, உயர் அடுக்க, ஒரு ஜோடி ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள், பரவலாக ஒரு சென்டி மீட்டருக்கு $0{\cdot}04 \mu F$ மின்தேக்கு திறனையும், 9·8 மில்லி ஹென்றி மின் நிலைமத்தையும் பெற்றுள்ளன. அவற்றின் எழுச்சி மின்னெதிர்ப்பு யாது?

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$= \sqrt{\frac{9{\cdot}8 \times 10^{-3}}{{\cdot}04 \times 10^{-6}}}$$

$$= \sqrt{\frac{9{\cdot}8 \times 10^{5}}{4}} = \frac{\sqrt{98} \times 10^{2}}{2}$$

$$= \frac{980}{2}$$

$= 490$ ஓம்கள்.

2. ஒரு விநாடிக்கு 1·2 கிலோ சைக்கிள்கள் அடுக்கத்தில் ஒரு திறந்த சுற்று ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் முதன்மை மாறிலிகளாவன :

மின் தடை $R = 11$ ஓம்/மைல்.

மின் நிலைமம் $L = 4{\cdot}5\ mH$/மைல்.

பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் $= G = 0{\cdot}6$ மோ/மைல்

$C = 00825\ \mu F$/மைல்

கம்பியின் சிறப்பியல்பு மாறிலிகளைக் கணக்கிடு.

$$wL = 2\pi \times 1{\cdot}2 \times 10^{3} \times 4{\cdot}5 \times 10^{-3}$$
$$= 33{\cdot}9$$

$$wc = 2\pi \times 1{\cdot}2 \times 10^{3} \times 8{\cdot}25 \times 10^{-9}$$
$$= 62{\cdot}25 \times 10^{-6}$$

$$Z = R + jwL = 11 + j33{\cdot}9$$
$$= 35{\cdot}6 \underline{|72{\cdot}1}$$

$$Y = G + jwc = 10^{-6}(0{\cdot}6 + j\,62{\cdot}25)$$
$$= 62{\cdot}25 \times 10^{-6}\,\underline{|90 - {\cdot}55}$$
$$= 62{\cdot}25 \times 10^{-6}\,\underline{|89{\cdot}45}$$

சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு $= Z_0 = \sqrt{\dfrac{Z}{y}}$

$$= \sqrt{\frac{35{\cdot}6}{62{\cdot}25}} \times 10^{-6}\quad \underline{|-8{\cdot}7}$$

$= 755\,\underline{|-8{\cdot}7}$ ஓம்கள்

பரப்பல் மாறிலி $\gamma = \sqrt{ZY}$

$$= \sqrt{35{\cdot}6} \times 62{\cdot}5 \times 10^{-2}\quad \underline{|80{\cdot}8}$$
$$= 47{\cdot}2 \times 10^{-2}\quad \underline{|80{\cdot}8}$$
$$= .00755 + j\,0{\cdot}0466$$

$\gamma = \alpha + jB$

$\alpha = 0{\cdot}00755$ நேப்பியர்/மைல்

$B = 0{\cdot}0466$ ரேடியன்/மைல்

$\lambda = \dfrac{2\pi}{B} = 135$ மைல்கள்.

$\nu = f\lambda$

$= 1{,}62{,}000$ மைல்கள்/வினாடி.

3. 1200 சைக்கிள்/வினாடியில் ஒரு திறந்த சுற்று ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பும், பரப்பல் மாறிலியிலும் கீழ்க்கண்டவாறு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

$$Z_0 = 650 - j.150.$$
$$\gamma = 0{\cdot}005 + j.\,0{\cdot}007$$

கம்பியின் முதன்மை மாறிலிகளைக் காண்க.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

$$\gamma = \alpha + jB$$

$$= \sqrt{ZY}$$

$$\therefore \quad Z_0 \gamma = \sqrt{\frac{Z}{Y}} \cdot \sqrt{ZY} = Z = R + jwL$$

$$\frac{\gamma}{Z_0} = Y = G + jwc$$

$$R + jwL = Z_0 \gamma$$

$$= (650 - j.150)(0{\cdot}005 + j\,0{\cdot}007)$$

$$= 666 \underline{|-13{\cdot}85} + 10^{-3} \underline{|45}$$

$$= 0{\cdot}666 \times 8{\cdot}5 \underline{|32}$$

$$= 4{\cdot}8 + j\,3{\cdot}0$$

உண்மை, கற்பனைப் பகுதிகளைச் சமப்படுத்திக் காட்டும்பொழுது

$R = 4{\cdot}8$ ஓம்/மைல்

$$wL = 3$$

$\therefore \quad L = \frac{3}{2.\pi\, 1200} = 0{\cdot}398\ mH$/மைல்

மேலும் $G + jwc = \frac{\gamma}{Z_0} = \frac{8{\cdot}5 \times 10^{-3} \underline{|45}}{666 \underline{|-13}}$

$$= (6{\cdot}75 + j - 10{\cdot}8)10^{-6}$$

$G = 6{\cdot}75$ மைக்ரோ மோ/மைல்

$C = \frac{10{\cdot}8 \times 10^{-6}}{2\pi \times 1200} = 0{\cdot}0014^{3}\ \mu F$/மைல்.

வினாக்கள்

1. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள், ஊட்டுக்கம்பிகள் ஆகிய வற்றைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?

2. ஓர் எல்லையற்ற நீளமுள்ள ஊட்டுக்கம்பி உள்ளிடு பகுதியில் ஓர் இயற்றியுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கம்பி தொழிற்படும் விதத்தைச் சுருக்கிக் கூறுக.

3. குறிப்பிட்ட நீளமுள்ள ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி ஒரு முனையில் ஓர் இயற்றியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அக் கம்பி தொழிற்படும் விதத்தை விளக்குக.

4. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளில் மின்கடத்தாப்பொருளின் விளைவுகளைச் சுருக்கி வரைக.

5. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளை ஒத்ததிர்வுச்சுற்றுகளுடன் ஒப்பிடுக.

6. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளுக்கும் அலைவழிப் பகுதிகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?

7. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளில் மின்னழுத்தங்களுக்கும் மின்னோட்டங்களுக்கும் உள்ள தொடர்புகளை விளக்குக.

8. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளில் திறன் எந்தெந்த வழிகளில் விரயமாகிறது?

9. சிறு குறிப்பு வரைக :

   (a) பரப்பில் மாறிலி, மெலிப்பான் மாறிலி, கட்டபேத மாறிலி.

   (b) திறந்த சுற்றுகள், மூடிய சுற்றுகள்.

   (c) ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் மின்னெதிர்ப்பு.

21. அயன மண்டலம்

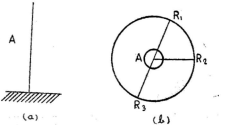
(Ionosphere)

ராடாரைப்பற்றி முழுமையாகத் தெரிந்து கொள்ளுவதற்கு ரேடியோ அலைகள் செல்லுகின்ற அயன மண்டலத்தைப்பற்றியும் நாம் சிறிது அறிந்துகொள்ளவேண்டும். உயர் அடுக்கங்களில் அதாவது மிகக் குறைந்த அலை நீளங்களில் ரேடியோ அலைகள் உண்டுபண்ணப்பட்டுப் பண்பேற்றமும் பெருக்கமும் பெற்று ஏரியல்மூலம் வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன என்றும் அவை இலக்குகளால் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியிலுள்ள ஏரியலை அடைகின்றன என்றும் இதுகாறும் கூறினோம். இந்த ஏற்பியை யடையும் மின்காந்த அலைகளைப் பண்பிறக்கமடைந்து பிறகு பல மாறுதலுக்குப் பிறகு எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்பட்டு இலக்குகளை அறிவிக்கின்றன என்றும் கூறினோம்.

ஏரியல்கள் (Aerials) :

சாதாரண ரேடியோவின் ஏரியல்களும், ராடாரில் பயன் படுத்தப்படும் ஏரியல்களும் அடிப்படையில் பல விதங்களில் ஒத்தவை. ஏரியல் என்பது ஓர் உலோகக் கம்பி. இது மின்காந்த அலைகளைப் பரப்புவதற்கும், ஏற்பதற்கும் பயன்படுகிறது. மின் நிலைமம், மின்தேக்குதிறன், தரை ஆகியவற்றை இணைக்கும் பகுதியே பொதுவாக ஏரியல் என்று வழங்கப்பட்டாலும், இதற்குச் சரியான பெயர் அன்டென்னு (antenna) ஆகும். ஏரியல் என்பது அன்டென்னுவின் உச்சியை மட்டுமேகுறிக்கும். இந்த ஏரியலி லிருந்து வெளியேறும் மின்காந்த அலைகள் வினாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் வேகத்தில் பரவுகின்றன. இவ்வாறு செல்கையில் அவற்றின் செறிவு தூரத்தின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்தில் குறைகின்றது. மேலும், இந்த அலைகள் அவற்றின் பாதை யிலுள்ள மலைகள், வீடுகள், மரங்கள் ஆகியவற்றால் உட்கவரப் படுவதாலும் அவற்றின் செறிவு வெகுவாகக் குறைகின்றது.

ஒரே ஏரியலைப் பயன்படுத்துவதைவிட இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற்பட்ட ஏரியல்களைப் பயன்படுத்தினால் மின் காந்த அலைகளின் திறனை நமக்குத் தேவையான திசையில் குவித்து அனுப்பலாம். ஏரியல்களைச் சுற்றி வெவ்வேறு திசைகளில் செல்லும் அலைகளின் ஆற்றலைக் குறிக்கும் படத்திற்குத் திசையாற்றல் படம் (polar diagram) என்று பெயர். படம் 21.1 ல் செங்குத்தான ஓர் ஒற்றை ஏரியலும் அதன் திசையாற்றல் படமும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 21.1

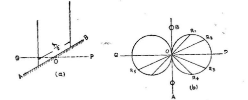
ஒற்றை ஏரியல் ஒற்றை ஏரியல் திசையாற்றல் படம்

இத்தகைய ஏரியலின் திசையாற்றல் படம் ஒரு வட்டமாகும். அதாவது ஆற்றல் எல்லாத் திசைகளிலும் சமமாகப் பாய்ந்து தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கக் குறைந்துகொண்டே செல்லுகின்றது. படம் 21.1 (b) ல் A என்ற புள்ளி செங்குத்தான ஏரியலைக் குறிக்கின்றது. AR_1, AR_2, AR_3 .. ... என்பன R_1, R_2, R_3 ..... திசைகளில் செல்லும் அலைகளின் ஆற்றலளவைக் குறிக்கின்றன. இவை யாவும் சமமென்பது எளிதாகத் தெரிகின்றது.

படம் 21.2 (a) ல் இரு ஏரியல்கள் ஒரே அலைவியற்றிக்குச் சம கட்டத்தில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தூரம் அலைநீளத்தில் பாதியாகும் ($\lambda/2$).

படம் 21.2 (b) ல் அவற்றின் திசையாற்றல் படம் தரப் பட்டுள்ளது. ஏரியல்களுக்கு இணையான திசையில் அதாவது AB அல்லது BA என்ற திசைகளில் அந்த இரு ஏரியல்களி

லிருந்து செல்லும் அலைகள் $\frac{\lambda}{2}$ பாதை வேற்றுமை (அதாவது கட்டவேற்றுமை π) உடையனவாக இருப்பதால் அவை ஒன்றை யொன்று அழித்துவிடும். ஆகவே, இந்தத் திசைகளில் அலைகள் பரவுவதில்லை. AB க்குச் செங்குத்தான திசையில் அதாவது



படம் 21.2

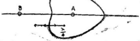
இரட்டை ஏரியல் ($\lambda/2$ தூரம்)

இரட்டை ஏரியல் திசையாற்றல் படம்

OP, OQ என்ற திசைகளில் (AB ன் நடுக்குத்துக் கோடு PQவாகும்) இரு ஏரியல்களிலிருந்தும் வருகின்ற அலைகள் ஒரே கட்டத்தி லிருப்பதால் ஒன்றையொன்று வலிவூட்டி அலைகளின் ஆற்றல் உச்ச மதிப்பை யடையும். இது படம் 21.2 (b) ல் நன்கு விளக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தப் படம் 8 என்ற எண்ணைப் போலுள்ளது. O விலிருந்து OR_1, OR_2, OR_3 என்ற கோடுகளின் நீளங்கள் அத் திசைகளில் செல்லும் ஆற்றல்களின் ஒப்பு அளவு களைக் குறிக்கின்றன. OA, OB என்ற திசைகளில் ஆற்றல் சுழி யாகவும் OP, OQ, என்ற திசைகளில் ஆற்றல் உச்சமாகவும் இருப்பது புலனாகின்றது.

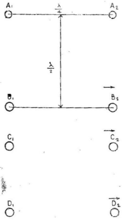
A, B ஆகிய இரு ஏரியல்களை அலை நீளத்தின் கால் பங்கு ($\lambda/4$) தூரத்தில் வைத்து, Aக்குமட்டும் ஆற்றலை ஊட்டினால், அதிலிருந்து அலைகள் எழும்பி Bயின் மீது விழும். B தன்மீது விழும் அலைகளை A யை நோக்கி எதிரொளிக்கும். A யிலிருந்து AB என்ற திசையில் செல்லும் அலைகள் $\frac{\lambda}{4}$ தூரத்தைக் கடக்கும்போது $\frac{\pi}{2}$ கட்டபேதமடைகின்றன. B யால் திருப்பப்படும் போது மேலும் π கட்டபேதமடைகின்றன. B யிலிருந்து A க்கு

வரும் $\frac{\lambda}{4}$ தூரத்தைக் கடப்பதால் இன்னுமொரு $\frac{\pi}{2}$ கட்டபேதமடைகின்றன. ஆகவே, மொத்த கட்டபேதம் 2π ஆகும். ஆதலால் *B A* என்ற திசையில் *A* யின் அலைகளும், *B* யால் எதிரொளிக்கப்



படம் 21.3

$\lambda/4$ தூரமுள்ள இரட்டை ஏரியல் திசையாற்றல் படம்



படம் 21.4

ஏரியல் அணிகள்

பட்டு வரும் அலைகளும் ஒரே கட்டத்திலிருப்பதால் அவை ஒன்றையொன்று வலிவூட்டுகின்றன. அது படம் 21.3 ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

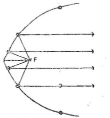
...A PUBLIC LIB...

மேலே சொல்லப்பட்ட வகைகளைச் சேர்த்து ஓர் ஏரியல் அணியை (aerial array) அமைத்தால் ஆற்றலைத்தும் ஒரே திசையில் செலுத்தப்படுகின்றது. இது படம் 21.4 ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

படத்தில் A_1 A_2, B_1 B_2, C_1 C_2, D_1 D_2 என்பவை நான்கு வரிசைகளாக ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு வரிசையிலும் இரண்டு ஏரியல்களுக்கு இடையேயான தூரம் $\frac{\lambda}{4}$ ஆகும். இரண்டு அடுத்தடுத்த வரிசைகளுக்கு இடையே யான தூரம் $\frac{\lambda}{2}$ ஆகும். அலைவியற்றி ஒவ்வொரு வரிசையிலும் ஒவ்வோர் ஏரியலுடன் அதாவது A_1, B_1, C_1, D_1 ஆகிய வற்றுடன் இணைக்கப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு வரிசையிலுமுள்ள எதிரொளிப்பான்கள் அதாவது A_2, B_2, C_2, D_2 என்பன ஓர் அணியாகவும், A_1, B_1, C_1, D_1 வேறு ஓர் அணியாகவும் தொழிற் படுகின்றன. முன்பே கூறியவாறு ஆற்றல் ஒரே பக்கமாகச் செலுத் தப்படுகின்றது. இதற்குக் கற்றைப்பரப்பு (beam transmission) என்று பெயர். இந்த முறை அயல் நாடுகளுக்கு ஒலிபரப்புதலிலும் ரேடியோவிலும் வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

பரவளையத் திருப்ப ஏரியல் (Parabolic reflector aerial):

பல எதிரொளிப்பு ஏரியல்களைச் சேர்த்து, அந்த ஏரியல்கள் ஒரு பர வளையத்தின் வில்லின் மீதும், ஆற்றலூட்டப்படவேண்டிய ஏரியல் பரவளையத்தின் குவியத் தின்மீதும் இருக்குமாறு அமைக் கலாம். குவியத்தின் மீதுள்ள ஏரியலுக்கும், பரவளையத்தின் மீதுள்ள ஒவ்வோர் ஏரியலுக்கும் உள்ள தூரம் $\frac{\lambda}{4}$ ஆகும். பரவளை யத்தின் வில்லின் மீதுள்ள எந்த இரு ஏரியல்களுக்கும் இடையே யான தூரம் $\frac{\lambda}{8}$ ஆகும். பரவளை யத்தின் அச்சுக்கு இணையான திசையில் எல்லா அலைகளும் ஒரே கட்டத்திலுள்ளன. எனவே, அந்தத் திசையில் ஒரே வலிவான கற்றை செலுத்தப் படுகின்றது. பரவளைய எதிரொளிப்பானை நமது விரும்பம்போல் சுழற்றி இந்தக்

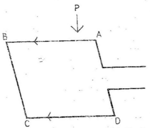


படம் 21.5
பரவளைய ஏரியல்

கற்றையின் திசையை மாற்றலாம். இம் முறையில் ஒரு துருவு விளக்குக் கற்றையை (search light beam) எந்தத் திசையில் வேண்டுமானாலும் செலுத்தலாம். மாருக ஒரு வலிவான கற்றை இந்தப் பரவளைய எதிரொளிப்பானுல் ஏற்கப்பட்டால், ஏற்பி ஏரியல் அமைந்துள்ள F என்ற புள்ளியில் ஆற்றல் அலைகளைக் குவிக்கலாம். இவ்வாறு இந்தப் பரவளைய ஏரியல் ரேடியோ அலைகளைப் பெறுவதற்கும் பயன்படுகின்றது. இத்தகைய ஏரியல்கள் விஞடிக்கு 30 மெகா சுற்றுகளுக்கும் மேற்பட்ட அடுக்கங்களையுடைய அலைகளைப் பெற உதவுகின்றன.

வளைக்கம்பி ஏரியல் : திசை கண்டுபிடித்தல் (Loop aerial: Direction finding) :

ஏரியல் கம்பியை ஒரு வட்டமாகவோ சதுரமாகவோ வளைத்தால் அதற்குத் திசைத் தன்மை வந்துவிடுகின்றது. $ABCD$ என்ற சதுரமாக வளைத்த ஒரு கம்பியை P என்ற ஒலிபரப்பியிலிருந்து வரும் அலைகளுக்குக் குறுக்கே தளம் செங்குத்தாக இருக்கும்படி வைத்தால் அலைகள் AB, CD என்ற புயங்களை ஒரே சமயத்திலடைந்து ஒரு திசையான மின்னேட்டங்களை உண்டுபண்ணுகின்றன படம் (21.6).



படம் 21.6
வளைக் கம்பி ஏரியல்

இதனுல் மின்னேட்டங்கள் ஒவ்வொரு கணத்திலும் ஒன்றையொன்று அழித்து விடுகின்றன. ஆகவே, ஆற்றல் ஏற்பு மிகக் குறைவாகவே உள்ளது. வளையத்தைச் சுற்றி அதன் தளம் Pக்கு இணையாக இருக்குமாறு வைத்தால் அலைகள் AB, CD ஆகிய

வற்றை வெவ்வேறு கணங்களில் அடையும். அப்பொழுது மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும். இவ் விளைவினைப் பயன்படுத்தி ரேடியோ அலைகளைக் கொண்டு திசைகளைக் கண்டுபிடிக்கின்றனர். இதுவும் ராடாரில் பயன்படுகின்றது.

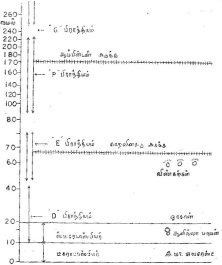
அயன மண்டலம் (The Ionosphere) :

ஓர் ஏரியலிலிருந்து அனுப்பப்படும் ரேடியோ அலைகளில் ஒரு பகுதி தரையின்மீது ஊர்ந்து செல்கின்றது. இவற்றிற்குத் தரை அலைகள் (ground waves) என்று பெயர். மீதி அலைகள் வானத் தினுள் சென்றுவிடுகின்றன. இவற்றிற்கு வான அலைகள் (sky waves) என்று பெயர். தரையின் வழியாகச் செல்லும் அலைகள் சுமார் 200 மைல்கள் வரை செல்லும். அலைநீளம் அதிகமாக இருந்தால் அவை செல்லும் தூரமும் அதிகமாக இருக்கும். ஆரம் பத்தில் நீள அலைகளையே உபயோகித்து வந்தனர். 1920ஆம் ஆண்டிற்குப் பிறகுதான் சிற்றலைகள் (short waves) உபயோகத் திற்கு வந்தன. பிற்காலத்தில் நீண்ட அலைகளைவிடச் சிற்றலைகளே சிறந்தவை என்று கண்டனர்.

கி. பி. 1901 ல் மார்க்கோனி என்பவர் ரேடியோ அலைகள் அட்லாண்டிக் சமுத்திரத்தைத் தாண்டிச் செல்லக்கூடும் என்று நிரூபித்தார். இதற்கு ஆதாரமாக இங்கிலாந்தில் ஹெவி - சைடு (Heaviside) என்பாரும் அமெரிக்காவில் கென்னெலி (Kennelly) என்பாரும் பூமிக்கு வெகு உயரத்தில் அயன மண்டலம் உள்ள தென்றும், அதுவே ரேடியோ அலைகளைத் திருப்பி மார்க்கோனி யின் அட்லாண்டிக் ஒலிபரப்பைச் சாத்தியமாக்கிற்று என்றும் தனித்தனியே அறிவித்தனர். அத்தகைய அயன மண்டலம் பூமியிலிருந்து 50—90 மைல் உயரத்தில் இருப்பதாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு ஹெவிசைடு—கென்னெலி அடுக்கு என்றும் பெயர் தரப்பட்டுள்ளது. இதை E பிராந்தியம் (E region) என்றும் அழைப்பர். இவ் வெல்லை தெளிவாக வரையறுக்கப்பட வில்லை. இந்த அடுக்கில் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை உயர்ந்துகொண்டே சென்று உச்ச மதிப்பை அடைந்து பிறகு படிப்படியாகக் குறைகின்றது. சூரியனிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்ந்த காற்று மூலக் கூறுகளிலிருந்து வெளியேற் றப்பட்டவைகளே இந்த எலெக்ட்ரான்கள் என்று விஞ்ஞானிகள் கருதுகின்றனர்.

மின்காந்த அலைகளைக் கொண்டு இந்த அடுக்கின் உயரத் தைக் கணித்ததில் அதன் சராசரி உயரம் பகலில் குறைந்தும், இரவில் அதிகமாகவும் இருப்பது தெரிய வந்தது. சூரியன்

மறைந்த பிறகு புற ஊதாக் கதிர்கள் நின்று போவதால் அயனி ஆக்கமும் நின்று விடுகின்றது. இவ் வடுக்கின் கீழ்ப்பாகத்தில் காற்றின் அடர்த்தி அதிகமானதால் காற்றணுக்களுடன் எலெக்ட்



படம் 21.7
அயன மண்டலம்

ரான்கள் அடிக்கடி மோதி நேர்மின் அயனிகளால் கைப்பற்றப் பட்டுவிடுகின்றன. ஆகவே, இவ் வயன மண்டலத்தின் அடிப் பாகம் அயனிகளை இழந்துவிடுவதால் சராசரி உயரம் அதிகரிக் கிறது. சூரியன் உதித்த உடனே விரைவாக மறுபடியும் கீழே இறங்கி விடுகிறது. இவ் வயன மண்டலத்தின் அமைப்பு படம் 21.7 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

1925 ஆம் ஆண்டில் ஆப்பிள்டன் (Appleton) என்பார் ஹெவிசைடு அடுக்கிற்கு மேலே வேறோர் அடுக்கு உள்ளதென்றும் அதுவே சிற்றலைகளை எதிரொளிக்கின்றது என்பதையும் காண்பித்தார். இம் மண்டலத்திற்கு ஆப்பிள்டன் அடுக்கு (Appleton Layer) என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. இதை F அடுக்கு (F Layer) என்றும் கூறுவர். இந்த மண்டலம் பூமிக்குமேல் 90 முதல் 250 மைல்கள்வரை பரவியுள்ளது. இவ்வடுக்கின் அயனிச் செறிவு ஹெவிசைடின் அயனிச் செறிவைவிட அதிகமாகும். சூரியனிலிருந்து வரும் ஆல்பாக் கதிர்கள் (alpha rays) வான மண்டலத்தின் மேற்பாகத்தை அயனிப்பதால் இவ் வடுக்கு உண்டானது என்று நம்புகின்றனர்.

பூமியிலிருந்து சுமார் 30 மைல்கள்வரை காற்று மண்டலத்தில் அடர்த்தி அதிகமாய் உள்ளது. சுமார் 10 மைல்கள் வரை உயரமுள்ள தூரத்தை ட்ரோபாஸ்பியர் (troposphere) என்றும், 10 மைல்கள் முதல் சுமார் 30 மைல்கள் வரையுள்ள தூரத்தை ஸ்ட்ரேடாஸ்பியர் (stratrosphere) என்றும் வழங்குவர். இதற்கு மேற்பகுதி அயன மண்டலம் (ionosphere) என்று அழைக்கப்படும். இந்த அயன மண்டலம் E அடுக்கு, F அடுக்கு, G அடுக்கு எனப் பல அடுக்குகளால் ஆனது. அயன மண்டலங்களின் அடர்த்தி மிகமிகக் குறைவாக இருப்பதாலேயே அவற்றின்மூலம் சூரியன், சந்திரன், மற்ற விண்மீன்கள் ஆகிய வற்றைத் தெளிவாகக் காணமுடிகின்றது.

பரப்பியிலிருந்து மேலே செல்லும் நீள அலைகள் (குறைந்த அடுக்கமுடையவை) ஹெவிசைடு அடுக்கில் எதிரொளிக்கப்பட்டு பூமிக்கு வருகின்றன. சிற்றலைகள் (அதிக அடுக்க முடையவை) ஹெவிசைடு அடுக்கைக் கடந்து மேலே சென்று ஆப்பிள்டன் அடுக்கில் எதிரொளிக்கப்பட்டுப் பூமிக்குத் திரும்புகின்றன. இன்னும் சிறிய குற்றலைகள் (ultra short waves) 10 மீட்டருக்குக் குறைவான நீளமுள்ளவை, விநாடிக்கு 30 மெகா சுற்றுகளுக்கும் அதிகமான அடுக்கமுடையவை, இவ் விரு அடுக்கங்களின் ஊடே சென்று விண்வெளியை நோக்கித் தாவுகின்றன. கடைசியாகச் சொல்லப்பட்ட முறை தொலைக்காட்சியிலும் (television) அடுக்கப் பண்பேற்ற ஒலிபரப்புகளிலும், ராடாரிலும், விமானத்திற்கும் தரைக்கும் ஏற்படும் தொடர்பிலும், ரேடியோ வழிப்படுத்தலிலும் (radio navigation) ரேடியோ அஞ்சல் சாதனங்களிலும், (radio relays) குறுகிய தூர ரேடியோத் தொடர்புகளிலும் (walkie-talkie) பயன்படுகிறது.

மின்காந்த அலைகள் பரவுதல், அயன மண்டலத்தைப் பொறுத்துள்ளது என்று இதுகாறும் கூறியவற்றிலிருந்து தெரிய வருகின்றது. எனவே, இம் மண்டலத்தில் ஏற்படும் சில மாறு பாடுகள் அலைகள் பரவுவதற்கு ஊறுசெய்ய வல்லன. அவற்றைப் பற்றிச் சிறிது காண்போம்.

பூமியின் காந்தப்புலத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களால் உண்டாகும் காந்தப்புயல்களால் அயன மண்டலப் புயல்கள் தோன்று கின்றன. இவை திடீரென உண்டாகக் கூடியவை. அயன மண்டலம் திரும்பவும் தன் பழைய நிலையை அடையச் சுமார் ஒரு வார காலமாகும். இது சூரியனின் சுழற்று நேரமான 27·3 நாட்களுடன் தொடர்புடையது. அயன மண்டலப் புயலினால் F அடுக்கின் மேற்பகுதியான F_2 அடுக்கின் போலி உயரம் உயர்ந்தும் அடர்த்தி குறைந்தும் விபரீதங்கள் ஏற்படுகின்றன. ஸ்ட்ரேடாஸ்பியர் அல்லது D பகுதி அயனி ஆக்கம்பெற்று அதன் பயனாக ஏற்படும் கவருதல் அதிகமாகின்றது. எனவே, சிற்றலைப்பகுதிகள் வெகுவாகக் குறுகிவிடும். அயன மண்டலப் புயல்கள் தீவிரமாக இருந்தால் உயரடுக்கப்பகுதி பயன்படாமலே போய்விடும். அலைபரப்புப் பாதைகள் பூமியின் காந்தமுனைக்கு அருகிலிருக்கும்போது அயன மண்டலப் புயல்கள் மிகக் கடுமையாக இருக்கின்றன. இதனால் அலைபரப்புப் பாதைகள் பாதிக்கப்படுகின்றன.

எதிர்பாராத அயன மண்டல இடையூறுகளால் சில சமயங்களில் 20 முதல் 60 நிமிடங்களுக்கு அதிக அடுக்க வானலை-பரப்பு நிறுத்தப்பட்டுவிடுகின்றது. இந்த நிலைமைகள் சூரியப் புள்ளி நிகழ்ச்சிகள் (sun spot activities) உச்சநிலையில் இருக்கும்போது அடிக்கடி ஏற்படுகின்றது. இவை பூமியின் பகல் நேரப் பகுதியில் (daylight side of the globe) மட்டுமே ஏற்படுகின்றன. அலைகளின் அடுக்கம் அதிகரிக்கும்போது இந்த மறைவுகள் குறைகின்றன.

பால் வழி (milky way) நட்சத்திர மண்டலத்திலிருந்து பூமியை நோக்கி ரேடியோ அடுக்கக் கதிர்கள் வந்துகொண்டே இருக்கின்றன. இவை அதிகமான இரைச்சலை உண்டாக்குகின்றன. இவற்றால் இடையூறுகள் விளைந்தபொழுதிலும், இவற்றில் சில விண்மீன்களைப்பற்றி நன்கு தெரிந்துகொள்ளவும் சூரியனைப்பற்றியும் அயன மண்டலத்திற்கு, சூரியனால் ஏற்படும் பலன்களைப்பற்றி அறியவும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இவ்வாறு வேறு மண்டலங்களிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளைக்கொண்டு அவற்றின் தன்மையை அறிய முற்படும் விஞ்ஞானப் பகுதி

ரேடியோ வானியல் (radio astronomy) என்று அழைக்கப்படுகின்றது.

வினாக்கள்

1. ராடாரில் பரப்பி, ஏற்பிகளிலுள்ள ஏரியல்களால் எவ்வாறு ஆற்றல் வெளியே அனுப்பப்படுகிறது, எவ்வாறு திரும்பவும் பெறப்படுகின்றது என்பதை விளக்குக.
2. பலவித ஆன்டென்னுக்களைப்பற்றித் தொகுத்துவரைக.
3. திசையாற்றல் படம் என்றால் என்ன ? கீழ்க்கண்ட ஏரியல்களின் திசை ஆற்றல் படங்களை விளக்குக.
   (a) செங்குத்தான ஒற்றை ஏரியல்.
   (b) $\frac{\lambda}{2}$ இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரு ஏரியல்கள்.
   (c) $\frac{\lambda}{4}$ இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரு ஏரியல்கள்.
4. லூப் ஆன்டென்னவை விளக்கி அது எவ்வாறு ரேடியோ முறையில் திசையைக் கண்டுபிடிக்க உதவுகிறது என்பதை விவரி.
5. அயன மண்டலத்தைப்பற்றியும், மின்காந்த அலை பரப்பலில் அதன் விளைவுகளையும் விவரிக்க.
6. சிறு குறிப்பு வரைக:
   (a) ஏரியல் அணிகள்.
   (b) கற்றைகள் பரப்பல்.
   (c) தரை அலைகளும், வான அலைகளும்.
   (d) அயன மண்டல அடுக்கம்.
   (e) அயன மண்டல மாறுதல்கள்.
   (f) தாவு தூரம்.

7. 'மைக்ரோ அலைகள் ராடார் குறைந்த தூரங்களில் மட்டுமே தொழிற்பட முடியும். ஏனெனில் அவை பூமியின் வளைவைப் பின்பற்றிச் செல்வதில்லை.' இதனால் ஏற்படும் நன்மை, தீமைகள் யாவை ?

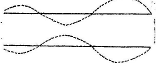
8. குறைந்த ரேடியோ அடுக்கங்கள், நீண்ட அலைகள் பூமியின் வளைவை யொட்டி அதிக தூரம் செல்லக் கூடியவை. அவை செல்லக்கூடிய தூரம் குறுகிய அலைகள் செல்லக்கூடிய தூரத்தைவிட அதிகமாகும். வெவ்வேறு அலை நீளமுள்ள அலைகள் தோராயமாகச் செல்லக்கூடிய பெரும தூரம் யாது ? இந்தத் தூரம் எவ்வெவற்றைப் பொறுத்துள்ளது ?

22. திசை அணிகள்: ஏற்றக் கோணமும் ஏற்றமும்

(Directional Arrays: Bearing and Elevation)

அயன மண்டலத்தைப்பற்றியும், ரேடியோ அலைகளை அனுப்புகின்ற முறையைப்பற்றியும் இதுகாறும் பார்த்தோம். அதிக அடுக்கமுள்ள அலைகள் பரப்பியிலிருந்து அனுப்பப்பட்டு இலக்குகளால் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியின் ஏரியலை அடைகின்றன என்றும் கூறினோம். இந்த அத்தியாயத்தில் இதனுடன் தொடர்புடைய திசை அணிகளைப்பற்றியும் ஏற்றக்கோணம், ஏற்றம் ஆகியவற்றைப்பற்றியும் கவனிப்போம்.

படம் 22.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ள திறந்த சுற்று ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் அமைப்பைக் கவனிப்போம். அதில் மின்னோட்டத்தின் நிலையான அலைகளின் (current standing waves) பங்கீட்டு முறை விளக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியில் எந்த இரு புள்ளி



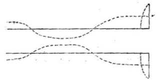
படம் 22·1

திறந்த சுற்று ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி

களை எடுத்துக்கொண்டாலும் அவற்றில் மின்னோட்டம் 180° கட்டபேதத்தில் அமைந்துள்ளன. எனவே, இந்தக் கம்பியைச் சுற்றிச் சிறிது தொலைவிலேயே காந்தப்புலம் வலிவிழந்து காணப்

படும். அதனால் கம்பியிலிருந்து செல்லுகின்ற ஆற்றல் மிக மிகக் குறைவாகும்.

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் முனைகள் படம் 22.2 ல் காட்டியபடி செங்கோண வடிவத்தில் பின்னோக்கி வளைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம்.



படம் 22.2
முனை வளைக்கப்பட்ட ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி

வளைக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு பகுதியின் நீளமும் கம்பியிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் அலைநீளத்தில் நான்கில் ஒரு பங்காகும். இப்பொழுது வளைக்கப்பட்ட பகுதியிலுள்ள நிலையான மின்னோட்ட அலைகள் ஒத்த கட்டபேதத்திலிருக்கும். எனவே, கம்பிக்குப் பக்கத்தில் எந்தப் புள்ளியிலும் காந்தப்புலம் மிக அதிகமாக இருக்கும். படம் 22.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ள சுற்று, படம் 22·1ல் காட்டப்பட்டுள்ள சுற்றைவிட மாறுபட்டது. எனெனில், முந்தைய சுற்றில் ஆற்றல் விரயமாவதில்லை. பிந்தைய சுற்றில் ஆற்றல் செலவாகின்றது. பிந்தைய சுற்றில் மின்னோட்டங்கள் ஒத்த கட்டபேதத்திலிருப்பதால் மின்காந்த அலைகள் உண்டாக்கப்பட்டு வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன. இவ்வாறு இந்த அமைப்பு ஓர் இருமுனை ஏரியலாகச் செயல்படுகின்றது. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியிலுள்ள அலைகளின் நீளம் இருமுனை ஏரியலிலுள்ள அலைகளின் நீளத்தைவிடக் குறைவானது. எனெனில் இருமுனைப் பகுதியிலிருந்து ஆற்றல் எதிரொளிக்கப்படுவதற்குப் பதிலாக வானவெளியில் சென்றுவிடுகின்றது. இரு முனையைச் சரியான முறையில் அமைத்து ஆற்றல் முழுவதையும் வானவெளியில் அலைகளாக அனுப்பிவிடலாம். அப்பொழுது கம்பியில் நிலையான அலைகள் இருப்பதில்லை. அரை அலைநீளமுள்ள ஓர் இருமுனை ஏரியலிலிருந்து வருகின்ற அலைகளின் நீளம், கம்பியில் வளைக்கப்பட்ட பகுதியின் நீளத்தைப்போல் இரு மடங்கிருக்கும் அதிகமாகும். எனவே, அரை அல்லது கால் அலைநீளங்களையுடைய எல்லா இரு முனை ஏரியல்களும் ஒரு தோராய அமைப்பேயாகும்.

பொருத்தம் (Matching) :

இரு முனை ஏரியலில் ஆற்றலூட்டும் கம்பியைச் சரியான முறையில் வரம்பிட்டு ஆற்றல் செலுத்தும் திறனே மிக அதிக அளவு உயர்த்தலாம். கம்பியிலிருந்து ஆற்றலை எடுத்து வான வெளியில் அனுப்பும்போது அது ஒரு வரம்பை ஏற்படுத்தித் தூய மின்தடையாகச் செயல்படுகின்றது. இந்த மின்தடைக்குப் பெயர் கதிர் வீச்சு மின்தடை (radiation resistance) ஆகும். அரை அலைநீள இரு முனைக் கம்பிக்கு இதன் மதிப்பு ஏறக்குறைய 75 ஓம்களாகும். இத்தகைய அமைப்பின் மின்தடை நிலத்திற்கு அருகே சுமார் 120 ஓம்களாகும். அவற்றில் ஒரு பகுதி, கதிர் வீச்சு மின்தடையாகும். இந்த அமைப்பின் பயனுறுதிறன் (efficiency) ஏரியலின் உயரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கத் தானும் அதிகரிக்கின்றது.

ஏரியலுக்கு ஆற்றலை எடுத்துச் செல்லும் கம்பியை ஊட்டுக் கம்பி (feeder) என்று பொதுவாகக் கூறுவர். ஏரியலுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்ற ஆற்றல், ஊட்டுக் கம்பிகளுக்குக் கொடுக்கப் படுகின்ற ஆற்றலைவிட எப்போதும் குறைவாகவே இருக்கும். ஏனெனில், ஊட்டுக்கம்பியில் சிறிய நிலையான அலைகள் எப் போதும் இருந்துகொண்டே இருக்கும். இதனுல் ஆற்றல் I^2R விரயமாகிக் கொண்டே இருக்கும். இங்கு I என்பது மின்னேட்டத் தையும் R என்பது ஊட்டுக் கம்பியின் மின்தடையையும் குறிக்கும். ஊட்டுக் கம்பியிலுள்ள நிலையான அலைகளை நடைமுறையில் முடிந்தவரை நீக்கிவிட்டால் ஏரியல் ஊட்டுக் கம்பியுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது என்று கூறுகின்றோம். இப்பொழுது மின் னேட்டம் கம்பியில் ஒரே சீராகச் செயல்படுகின்றது. கம்பி பரப்பியின் வெளிவரு இடத்திலிருந்து (output) ஆற்றலை அலை வடிவத்தில் கொண்டுசென்று ஏரியலுக்குக் கொடுக்கின்றது. இவ்வாறு பரப்பியுடன் ஏரியலை இணைக்கும்பொழுது ஊட்டுக் கம்பியின் நீளம் முக்கியமன்று. ஆகவே, ஏரியலை இசைவிப் பதில் ஊட்டுக்கம்பிக்கு எந்த விதமான செயலுமில்லை.

ஏரியலின் மின் எதிர்ப்பை ஊட்டுக் கம்பியின் சிறப்பியல்பு மின் எதிர்ப்புக்குச் சமமாக்கினல், அவை இரண்டும் பொருத்த மாக வைக்கப்பட்டுள்ளன என்கிரோம். ராடாரில் பரப்பியிலிருந்து மிக அதிக அளவு ஆற்றல் வெளியே அனுப்பப்படவேண்டும். அப்பொழுது தான் ராடார் சிறந்த முறையில் இயங்குமாதலால். ஊட்டுக் கம்பியும் ஏரியலும் சரியாகப் பொருத்தப்படவேண்டும். இங்கு இரு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. ஒன்றில் மின் மாற்றியும் மற்றதில் கால் அலைநீளப் பொருத்தக் கம்பிகளும் (quarter wave matching lines) பயன்படுகின்றன.

ஓர் அரை அலைநீள இருமுனை ஏரியலில் (half wave dipole aerial) மின் எதிர்ப்புத் தோராயமாக 75 ஓம்கள் என்று பார்த்தோம். இந்த அமைப்புகளில் ஏரியலையும், ஊட்டுக் கம்பியையும் பொருத்துவது மிக எளிதாகும். ஏனெனில், 70 லிருந்து 80 ஓம்கள்வரை சிறப்பியல்பு மின் எதிர்ப்புகள் உள்ள ஊட்டுக் கம்பிகள் அதிக அளவில் உள்ளன. இவற்றை இருமுனை ஏரியலின் மையத்தோடு எதிரொளிப்பால் ஆற்றல் விரயமாகாதவாறு சேர்க்கலாம். மின் கடத்தாப் பொருள்களால் சில ஊட்டுக் கம்பிகளில் ஆற்றல் விரயமானாலும்கூடத் தேவையான அளவு ஆற்றல் இம் முறையில் கிடைக்கின்றது.

ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் பரப்பிக்கு அருகேயுள்ள முனையைக் கவனிப்போம். இங்கு வெளிவரு அளவுச் சுற்றை அமைப்பார்கள். ஏனெனில் ஊட்டுக் கம்பி அதனுடைய சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பில் வரையறுத்து அமைக்கப்படும். ஆனால், ஊட்டுக்கம்பியை உள்ளிடு அளவில் பொருத்தவேண்டும் என்று தேவையில்லை. ஏனெனில், ஏரியலைச் சரியான வரம்பில் அமைத்துவிட்டால் ஆற்றல் கம்பியின்வழியே பரப்பியின் வெளிப்பகுதிக்கு எதிரொளிக்கப்படுவதில்லை. ஆகவே, உட்பகுதியில் ஆற்றல் எதிரொளிப்பு ஏற்பட ஏதுவில்லை. பரப்பியில் எந்த முறை இணைப்பைப் பயன்படுத்தவேண்டும் என்பது முக்கியமன்று; ஊட்டுக் கம்பியை ஏரியலுடன் சரியான முறையில் இணைக்க வேண்டுமென்பதே முக்கியமாகும். ஊட்டுக் கம்பியைப் பரப்பியுடன் சரியான முறையில் இணைக்கவேண்டும் என்று கூறுவது ஏரியலில் ஏற்படுகின்ற சிறு ஆற்றல் எதிரொளிப்புகளை நீக்கவே ஆகும்.

மின்மாற்றி ஏரியல் பொருத்தம் (Transformer aerial matching) :

சில சமயங்களில் 5000 ஓம்கள் மின் எதிர்ப்பையுடைய ஏரியல்கள் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு 500 ஓம்களையுடைய ஊட்டுக் கம்பிகளுடன் இணைப்பதற்குப் பயன்படுகின்றன. பொதுவாக இது சிறந்த முறையாக இருந்தாலும் மிக அதிக அடுக்கங்களில் துடிப்புப் பரப்பிகளில் இம் முறை சிறந்த பயனை அளிப்ப தில்லை. அதிக மின்னெதிர்ப்புடைய ஏரியலைக் குறைந்த மின்னெதிர்ப்புடைய கம்பியுடன் இணைத்து ஊட்டுக் கம்பியின்வழியே மின்னோட்டத்தை அளக்கும்போது கால் அலை நீளங்களில் மின்னோட்டப் பெருமமும் சிறுமமும் காணப்படும். பெருமத்திற்குப் அடுத்துள்ள சிறுமத்திற்கும் உள்ள தகவு ஏரியல் மின்னெதிர் பிற்கும் ஊட்டுக் கம்பி மின்னெதிர்ப்பிற்கு முள்ள தகவுக்கு சமமாக இருக்கும். ஊட்டுக் கம்பி நீளமாக இருந்தால் கணி

மான அளவு ஆற்றல் வீணுகும். மின்னழுத்தம் அதிகமாகவுள்ள இடங்களில் கசிவு ஏற்படும். இருந்தபொழுதிலும், ஊட்டுக் கம்பியின் ஏரியல் முணேக்கருகே ஒரு மின்மாற்றியை வைத்தால்,

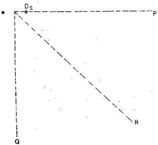
R^2 ஏரியல் மின்னெதிர்ப்பு = ஊட்டுக்கம்பி மின்னெதிர்ப்பு

என்ருகும். இப்பொழுது இணையான பொருத்தம் ஏற்படும். இந்தப் பத்தியின் ஆரம்பத்தில் சொல்லப்பட்ட மேற்கோளை எடுத்துக்கொண்டால் மின் மாற்றுக் கருவியின் தகவு $\sqrt{10:1}$ என்ருகும்.

நடைமுறையில் மிக அதிகமாகக் கால் அலைநீளப் பொருத்துக் கம்பியே பயன்படுகின்றது. இதில் இரு திண்மையான உலோகக் குழாய்கள் உள்ளன. அவற்றின் நீளம் கால் அலை நீளத்திற்குச் சமமாகும். முனைகளில் மின்கடத்தாப் பொருள்களால் இந்தக் குழாய்கள் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய கம்பியின் சிறப்பியல் மின்னெதிர்ப்பை மிகத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம். 100 விருந்து 600 ஓம்கள்வரை சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்புக் கம்பிகள் எளிதாகச் செய்யப்படுகின்றன. இதில் ஏரியலைப் பொருத்தும்போது கம்பியின் நீளத்தில் நான்கில் ஒரு பகுதி மின்னெதிர்ப்பு மின்மாற்றியாக (impedance transformer) இயங்கு கின்றது. இவ்வாறு ஒரு கம்பியில் RK என்பது சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பாகவும், ZK ஏரியல் மின்னெதிர்ப்பாகவும் இருந்தால் இந்த அமைப்பு நன்ருக இயங்குவதற்குக் கால் அலைபொருத்த அமைப்பின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு (Zi) என்பது $Zi = \sqrt{RK.ZK}$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகின்றது. ZK யின் மதிப்பு கணிசமான அளவாகவும், ஆனல் RK யின் மதிப்பைவிடக் குறைவாகவும் இருக்கும்பொழுது இத்தகைய பொருத்துக் கம்பியை எளிதில் அமைக்கலாம். காட்டாக 500 ஓம் ஊட்டுக்கம்பியை 80 ஓம் ஏரியலுடன் இணைக்கும்பொழுது Zi ன் மதிப்பு = $\sqrt{500 \times 80} = 200$ ஓம்கள் ஆகும். ஆனல் ZK யின் மதிப்பு RK யின் மதிப்பைவிட மிக அதிகமாக இருக்கும் பொழுது கால் அலைநீளப் பொருத்த அமைப்பைச் செய்வது கடின மாகும். இதைத் தவிர்க்க இரண்டு கால் அலைநீளக் கம்பிகளைத் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக 500 ஓம் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியை 5000 ஓம் ஏரியலுடன் இணைக்க, பொருத்த மின்னெதிர்ப்பு = $\sqrt{500 \times 5000} = 1581$ ஓம்களாகும். இணைக்கம்பிகளைக்கொண்டு இந்த மதிப்பைப் பெறுவதும் இயலாத காரியம். எனவே, ஏரியலின் மின் னெதிர்ப்பை அதை ஒரு 500 ஓம் ஊட்டுக்கம்பியுடன் இணைத்துக் குறைக்கலாம். அப்போது அதன் மின் எதிர்ப்பு 50 ஓம்

ஆகிவிடும். பிறகு 158 ஓம் உள்ள கால் அலை நீளக்கம்பியை 500 ஓம் ஊட்டுக்கம்பியுடன் பொருத்தலாம். ஏனெனில் $\sqrt{500 \times 50} = 158$ ஓம்கள். இது எளிதில் கிடைக்கக்கூடியது. மேலே கண்ட அமைப்பே பின்னேக்கிச் செங்கோணத்தில் வளைக்கப்பட்டுள்ள இரு முனை ஏரியலில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஊட்டுக் கம்பியைச் சரியான புள்ளியில் இணைப்பதன்மூலம் இதைப் பெறலாம்.

திசையாற்றல் படங்களைப்பற்றிச் சென்ற அத்தியாயத்தில் விரிவாகக் கூறினேம். ஓர் ஒற்றை ஏரியலின் திசையாற்றல் படம் வட்டமாக இருக்குமெனவும் எல்லாத் திசைகளிலும் ஆற்றலைச் சமமாகப் பரப்புமெனவும் கண்டோம். இரண்டு ஏரியல்களை $\frac{\lambda}{2}$ இடைவெளியில் வைத்து அவற்றுக்கு உணர் வூட்டினுல் அவற்றின் திசையாற்றல் படம் 8 வடிவத்தில் இருக்குமென்றும் பார்த்தோம். பல ஏரியல்களை இணைத்தால்



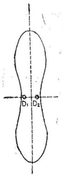
படம் 22.3

இரு செங்குத்தான இரு முனை ஏரியல்கள் — $\lambda/2$ தூரம்

ஓர் ஏரியல் அணி (array) கிடைக்கின்றது; ஏரியல் அணியில் பல இரு முனை ஏரியல்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் ஆற்றலைக் குவிக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கு இடையே யுள்ள தூரமும், அவற்றில் செல்லும் மின்னேட்டங்களின் கட்ட பேதங்களும் தகுந்தவாறு அமையவேண்டும். ஏரியல் அணியில் இரு வகைகள் உண்டு. ஒன்று அச்சுக்கோட்டு முறை (end fire)

இரண்டாவது நடுக்குத்துக்கோட்டு முறை (brood side) ஆகும். அச்சுக்கோட்டு முறையில் ஆற்றல் ஏரியல் அணியின் நேர்க் கோட்டிலேயே செலுத்தப்படுகின்றது. இங்கு ஏரியல்கள் ஒரே கட்டபேதத்தில் உணர்வூட்டப்படுவதில்லை, நடுக்குத்துக்கோட்டு முறையில் ஆற்றல் ஏரியல் அணிகளைச் சேர்க்கும் கோட்டிற்குச் செங்குத்தான திசையில் குவிக்கப்படுகின்றது. இங்கு ஏரியல்கள் ஒரே கட்டபேதத்தில் உணர்வூட்டப்படுகின்றன.

அரை அலைநீளத்தால் பிரிக்கப்பட்டுள்ள இரு செங்குத்தான இரு முனை ஏரியல்களைக் கவனிப்போம் (படம் 22.3). இரண்டு ஏரியல்களிலும் ஒரே கட்டபேதத்திலுள்ள ரேடியோ அடுக்க மின்னோட்டங்கள் செல்லுகின்றன. ஏரியல் அணியின் அச்சுக் கோட்டில் தொலை தூரத்திலுள்ள P என்ற புள்ளியையும் ஏரியல் அணிகளின் நடுக்குத்துக் கோட்டில் தொலைதூரத்திலுள்ள Q என்ற புள்ளியையும் கவனிப்போம். அணிகளின் மையத்திலிருந்து P, Q ஆகியவை ஒரே தூரத்திலுள்ளன. P என்ற புள்ளியில் D_1 என்ற ஏரியலில் உள்ள மின்னோட்டத்தினால் உண்டாகும் புலம் D_2 என்ற ஏரியலில் உள்ள மின்னோட்டத்தினால் உண்டாகும் புலத்திற்கு $180°$ கட்டபேதத்திலிருக்கும். எனவே, P என்ற புள்ளியில் புலம் சுழியாகின்றது. ஆனால், Q என்ற புள்ளியில் இரண்டு ஏரியல்களிலுள்ள மின்னோட்டத்தினால், உண்டாகும் புலன்களின் தொகுபயன் ஓர் ஏரியலிலுள்ள மின்னோட்டத்தினால் உண்டாகும் புலனைப்போல் இரு மடங்காகும். R என்ற ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் இந்த இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட ஒரு நிலையே நிகழ்கிறது. D_1 என்ற ஏரியலிலுள்ள மின்னோட்டம் D_2 விலுள்ள மின்னோட்டத்தை விடக் கட்டபேதத்தில் சிறிதளவே மாறுபடுகின்றது. ஆகவே, R என்ற புள்ளியில் சிறிதளவு காந்தப்புலம் உண்டு. இந்த இரண்டு பரப்பி ஏரியல்களுக்குமான திசையாற்றல் படம் 22.4 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

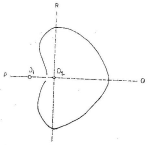


படம் 22.4
$\lambda/2$-தூர இடைவெளியில் இரு முனை ஏரியல்களின் திசையாற்றல் படம்

இங்கு 8 ன் உருவம் நசுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். D_1 D_2க்குச் செங்குத்தான திசையில் பெருமளவு ஆற்றல் வீசப்

படுகின்றது. அணியில் ஏரியல்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரித்தும், இதன் விளைவுகளைச் சீர்படுத்தியும் மின்காந்த அலைகளை ஒரே திசையில் வெகுவாகக் குவிக்கலாம்.

கால் அலை நீளத்தால் பிரிக்கப்பட்டுள்ள இரு செங்குத்தான ஏரியல்களைக் கவனிப்போம். அவற்றில் செல்லும் மின்னோட்டங்கள் ஒரே அளவினவாகவும் 90° கட்டபேதத்திலும் இருக்கட்டும்; படம் 22.5 ல் Q என்ற புள்ளியினுள் ஒருவருக்கு இரண்டு ஏரியல்களிலுமிருந்து உண்டாகின்ற புலன்களின் தொகுபயன்



படம் 22.5

$\lambda/4$ - இடைவெளியில் இரண்டு இருமுனை ஏரியல்களின் திசையாற்றல் படம்

ஓர் ஏரியலிலிருந்து உண்டாகும் புலனைப்போல் இரு மடங்காகும். ஏனெனில் D_1 லிருந்து ஆற்றல் D_2 வைவிடக் கால அலைவு நேரம் முன்னதாகக் கிளம்பினாலும், இரண்டு ஏரியல்களுக்கு இடையேயான தூரம் அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள கட்ட பேதத்தை ஒரே மாதிரியாக்கிவிடுகிறது. ஆகவே, ஆற்றல்கள் ஒன்றோடொன்று கூட்டு முறையில் இயங்குகின்றன. ஆனால் P என்ற புள்ளியில் D_1, D_2 ஆகியவற்றிலிருந்து வரும் ஆற்றல் 180° கட்டபேதத்திலிருப்பதால் அவை ஒன்றையொன்று அழித்துவிடுகின்றன. ஏனெனில் D_2 வில் ஆற்றல் D_1 க்கு 90° பின்னால் கிளம்பி D_1 ஐ அடைவதில் மேலும் 90° இழக்கின்றது. R என்ற புள்ளியில் புலன்களின் செறிவு ஓர் ஏரியலினால் உள்ளதைப்போல் $\sqrt{2}$ மடங்காகும். ஏனெனில் D_1, D_2 ஆகிய

வற்றிலிருந்து 90° கட்டபேதத்தில் கிளம்பும் ஆற்றல் வெக்டார் (vector) முறையில் கூடுகின்றன. இத்தகைய அணிக்குத் திசையாற்றல் படம் ஒரு கார்டியாய்டு (cardioid) ஆகும். இத்தகைய அமைப்பின் திசையில் விளைவை ஏரியல்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரிப்பதன்மூலம் அதிகரிக்கலாம்.

படம் 22.5 ல் காட்டியவாறு இரு ஏரியல்களை அமைக்கும் போது இரண்டிற்கும் கிளர்ச்சியூட்ட வேண்டுமென்று தேவையில்லை. D_2 க்கு நேரடியாகக் கிளர்ச்சியூட்டுவதாகவும் D_1 ஐக் கிளர்ச்சியடையச் செய்யவில்லை என்றும் கொள்வோம். D_2வினால் D_1 ல் உள்ள புலம் D_2 ல் உள்ள புலத்தின் பகுதியில் 90° பின்தங்கி இருக்கும். ஏனெனில், இரு ஏரியல்களுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் கால் அலைநீளமாகும், இந்தப் புலத்தினால் D_1க்கு ஆற்றலூட்டப்படும். எனவே, D_1 கதிர் வீச்சு முறையில் ஆற்றலை வெளியே செலுத்தும். இது லென்சின் விதிப்படி (Lenz's Law) தூண்டப்பட்ட புலத்தை எதிர்க்கும். எனவே, D_1 ஆல் D_2 விலுள்ள புலம் D_2 ஆல் D_1 ல் உள்ள புலத்தைவிட 180° முன்னேறிச் செல்லும். இவ்வாறு இந்த அமைப்பு D_2 வைவிட D_1 90° முன்னேறிச் செல்லுமாறு உணர்வூட்டப்படுவதாக அமைகிறது. இங்குள்ள நிலைமையும் இரண்டு ஏரியல்களும் உணர்வூட்டப்பட்டுள்ள முந்தைய நிலைமையும் ஒன்றுகவே காண்கின்றன. எனவே, திசையாற்றல் படம் மறுபடியும் ஒரு கார்டியாய்டு வடிவிலேயே அமைகின்றது. ஏரியல் D_1 ஒரு எதிரொளிப்பான் (Reflector) என்று அழைக்கப்படுகின்றது. இரு ஏரியல்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரத்தைச் சரியாக ஒரு கால் அலைநீளத்திற்கு வைப்பதற்குப் பதிலாக எதிரொளிப்பானின் நீளத்தைச் சிறிது அதிகமாக்கினுல் விளைவுகள் சிறந்து காணப்படுகின்றன.

இருமுனை ஏரியலைவிடச் சிறிது நீளம் குறைந்த கடத்தியை ஏரியலுக்கு முன்பு கால் அலைநீள தூரத்தில் வைத்தால் திசையியல் விளைவு மேலும் அதிகரிக்கின்றது. இதற்கு இயக்குவான் (director) என்று பெயர். இதன் நீளமும் தூரமும் நடைமுறையிலேயே காணப்படவேண்டும்.

பெரிய உலோக எதிரொளிப்பான்களைப் பயன்படுத்தியும் திசையியல் விளைவுகளை உண்டாக்கலாம். பரப்பி ஏரியலிலிருந்து, துருவு விளக்கிலிருந்து ஒளி அனுப்பப்படுவதைப் போல ஆற்றல் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் இந்த உலோக எதிரொளிப்பான்களால் அனுப்பப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் ஓர் ஏற்பியில் ஏற்கப்பட்டு,

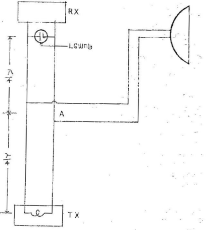
அதன் ஏரியலில் குவிக்கப்படுகின்றது. இத்தகைய எதிரொளிப்பான்கள் தாமிரத் தகடுகளாலோ அல்லது தாமிரக் கம்பி வலைகளாலோ அல்லது சில சமயங்களில் மூலாம் பூசப்பட்ட இரும்புக் கம்பிகளாலோ செய்யப்படுகின்றன.

இந்த முறை, அலைகளின் நீளத்தோடு ஒப்பிடும்போது எதிரொளிப்பானின் பரிமாணம் பெரியதாக இருக்கும்போது மட்டும் பயன்படும். ஆகவே, வெகு உயர்வடுக்கச் சாதனங்களில் மட்டுமே இது பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இத்தகைய எதிரொளிப்பானிலிருந்து அனுப்பப்படும் அலைகள் சாதாரண ஒளி அலைகளைவிட அதிக விரிவடைந்து செல்லுகின்றன. ஆகவே, சிறிது தொலைவிற்குப் பிறகு ஒளியைப் போலவே குறுக்கீட்டுப் (interference) பெருமங்களும், (maxima) குறுக்கீட்டுச் சிறுபடங்களும் (minima) தோன்றுகின்றன. இந்த முறையில் மையத்தில் அதிக ஆற்றலுள்ள கற்றையும் அதைச்சுற்றி வளையங்களாகக் குறைந்த ஆற்றலுள்ள கற்றைகளும் செல்லுகின்றன. முக்கியக் கற்றையில் பொதிந்துள்ள ஆற்றல் எதிரொளிப்பானின் பரப்பிற்கு நேர்விகிதத்திலும் அலை நீளத்தின் இருமடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் உள்ளதென்று நிரூபிக்கலாம். மேலும், திசையில் விளைவு பரவளைய அமைப்பின் (Paraboloid) ஆரத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும் அலைநீளத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளதென்று நிரூபிக்கலாம். ஒரு பெரிய எதிரொளிப்பானும் குறுகிய அலைகளுமே சிறந்த திசையில் விளைவுகளைப் பெறுவதற்கு வேண்டிய வகைகளாகும்.

கால் அலைநீளக் கம்பியைப் பயன்படுத்தும் ஒரு வியத்தகு சாதனத்தைப்பற்றி ஒரு சிறிது இங்குக் கூறுவோம். இது ஒரே ஏரியலை மின்காந்த அலைகளைப் பரப்புவதற்கும், அவை இலக்கினல் எதிரொளிக்கப்படும்போது அவற்றைப் பெறுவதற்கும் பயன்படுகின்றது. இதனுடைய அமைப்பு படம் 22.6 ல் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது. பரப்பி ஆற்றலை வெளியே அனுப்பும்பொழுது ஏற்பியை ஏரியலிலிருந்து துண்டி விடுவதும், ஒரு மைக்ரோ விநாடிக்குள், ஆற்றல் இலக்கினல் எதிரொளிக்கப்பட்டு வரும் பொழுது பரப்பியைத் துண்டித்து ஏற்பியை ஏரியலுடன் இணைப்பதும் ராடாரிலேயே மிகவும் வியக்கத்தக்கதும் மிகவும் ஆச்சரியமான ஒரு கண்டுபிடிப்புமாகும். இதற்கு *T. R.* சுவிட்சு (T. R. switch) என்று பெயர்.

படத்தில் பரப்பியின் இணைப்புச் சுருளும் ஒரு டயோடு மின்குழாயும் ஏரியல் ஊட்டும் கம்பியிலிருந்து கால் அலைநீள தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. பரப்பி ஓய்விலிருக்கும்போது

பரப்பியின் இணைப்புக் கம்பியும், அதனுடன் இணைந்துள்ள கால் அலைநீளக் கம்பியும் A யில் தோன்றும் சைகைகளுக்கு எல்லையற்ற எதிர்ப்பைக் கொடுக்கின்றன. எனவே, இந்தச் சைகைகள் ஏற்பிக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. அவற்றை



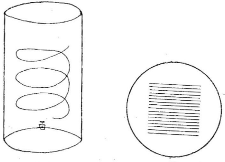
படம் 22.6
T. R. சுவிட்சு

மின்குழாய் எந்த விதத்திலும் செயற்படுத்துவதில்லை. பரப்பித் துடிப்புகளை அனுப்பும்போது மின்குழாய் இயங்கி அதனுள் உள்ள வாயு திறமையான முறையில் குறுக்குச் சுற்று விளைவை உண்டாக்குகின்றது. இது ஏற்பியின் உள்ளீடு கம்பியில் நிகழுகின்றது. ஆகவே, இந்தக் கம்பி A என்ற புள்ளிக்கு எல்லையற்ற மின்னெதிர்ப்பைக் கொடுத்து ஆற்றலை ஏரியல் அணிக்கு அனுப்புகின்றது.

ஏற்றத்தைப்பற்றிக் கூறும்பொழுது ஏற்றக் கோணத்தை எவ்வாறு அறியலாம் என்பதுபற்றி முன்பே சுருக்கமாகக்

கூறியிருக்கின்றோம். இங்கு ஒரு திசையணி ஏரியல் வேகமாகச் சுழற்றப்பட்டு அதைச் சுற்றியுள்ள பகுதி வரிக்கண்ணோட்ட முறையில் (scanning) நன்றாகத் துருவிப் பார்க்கப்படுகின்றது. இலக்கின் தூரமும் இருப்பிடமும் பிழையின்றி அறியப்படுகின்றன. இதற்கு ஓர் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயும் ஆரக்கால் வடியும் (radial time base) பயன்படுத்தப் படுகின்றன என்றும் கூறினோம். மேலே சொல்லப்பட்ட முறையில் இலக்கின் தூரமும் ஏற்றக் கோணமும் ஒரேசமயத்தில் அறியப்பட்டாலும் அவை மிகத் துல்லியமாக அளக்கப்படுவதில்லை. இத்தகைய அமைப்புகள் இலக்குகளின் தோராயமான தூரங்களையும் முன்கூட்டியே அறிவிப்பது ஒன்றே அதன் சிறந்த பயனாகும். இவற்றை அடிப் படையாகக்கொண்டு மிகத் துல்லியமாக அளக்கக்கூடிய கருவிகள் பிற்காலத்தில் உபயோகத்திற்கு வந்தன.

மேலே சொல்லப்பட்ட முறையில் ஒன்றுதான் 'சுருள்வில் (helical) வரிக்' கண்ணோட்டமாகும். இந்த முறையில் கற்றை ஒரே சீராகக் கிடைமட்டத்தில் சுற்றப்படுகின்றது. அதேசமயத்தில்



(அ) (ஆ)

படம் 22.7
சுருள்வில் வடிவ வரிக்கண்ணோட்டம்

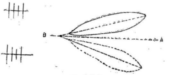
கற்றை, செங்குத்துத் தளத்தில் குறைந்த அடுக்கத்தில் சைன் அலை வடிவத்தில் அலைவுறுகின்றது. நிலையம் ஒரு செங்குத்தான தளத்தினால் சூழப்பட்டிருந்தால், கற்றையின் ஓரங்கள் ஒரு

சுருளில் வடிவத்தை மேலும் கீழுமாக அமைக்கும். இது படம் 22.7 (a) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இந்த அமைப்பில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் இரு கால வடிகள் செயற்படும். கிடைமட்டத்திலும் செங்குத்துத் தளத்திலும் ஏற்படும் கற்றையின் இடப்பெயர்ச்சி ஏரியல் விரவுக்கு (aerial sweep) நேர்விகிதத்திலிருக்கும். தொலைக்காட்சியில் கோடுகளைக்கொண்டு உருவம் அமைக்கப்படுவதைப்போல இங்கும் ஒளிர்திரையில் இலக்கு குறிக்கப்படுகின்றது. எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒரு சைகை ஏற்பியை அடையும்பொழுது ஒளிப்பொட்டு பிரகாசமடைந்து படம் 22.7 (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் தெரிகின்றது.

எந்த வரிக்கண்ணோட்ட முறையிலும் குறிப்பிட்ட கற்றையின் அகலத்திற்கு ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சி கற்றையின் ஒரு நிலைக்கு ஒரு துடிப்பாவது வெளியேறுமாறு அமையவேண்டும். ராடார் நன்கு செயற்பட, அது அதிக அளவில் அனுப்பப்படவேண்டும். அதிக நீண்ட ஓய்வு நேரமும் கற்றை மெதுவாகச் சுற்றுவதும் அடிப்படைத் தேவைகளாகும்.

நடைமுறையில் ஏரியல் அணியிலிருந்து எவ்வளவு திறமையாகச் சைகைகளை ஒரே திசையில் அனுப்பி அவற்றைத் திரும்பப் பெற்றாலும்கூட சைகைகளின் திசையிலிருந்துமட்டும் இலக்கின் ஏற்றக்கோணத்தை அறியமுடியாது. ஆனால், கற்றையை

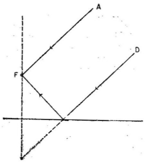


படம் 22.8
யாகி ஏரியல்கள்

மேலும் கீழுமாகச் சிறிது அலைவித்து, முழு அமைப்பையும் நல்ல பயன் ஏற்படும் வரையில் சுழற்றினால் ஏற்றக் கோணத்தைத் துல்லியமாக அளக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாகப் படம் 22.8 ல் காட்டியபடி இரு யாகி (Yagi) ஏரியல்களை அருகருகே வைத்தால் திசையாற்றல் படம், படத்தில் காட்டியவாறு அமையும்.

கற்றையைப் பக்கவாட்டில் அசைவித்துத் தேவையான பலனைப் பெறலாம். இலக்கு AB என்ற நேர்க்கோட்டில் இருக்கும்பொழுது சிறந்த பயன் ஏற்படும். பக்கவாட்டில் அசைப்பதற்குப் பதிலாகக் கற்றையை மேலும் கீழும் அசைத்து ஏற்றத்தையும் கணக்கிடலாம்.

இலக்கின் ஏற்றத்தைத் துல்லியமாக அளப்பதற்கு ஏற்பியின் ஏரியல்களுக்கு அருகே தரையிலிருந்த அலைகள் எதிரொளிக்கப் படும் முறையையும் நன்கு அறிந்திருக்கவேண்டும். ஓர் ஏரியல் அணியின் இயங்கு திறன் அதன் கீழுள்ள தரையின் அமைப்பைப் பொறுத்து மாறுபடுகின்றது. தரை ஒரு சிறந்த கடத்தியாகவும் ஒரு மின் ஆடி (electrical mirror) யாகவும் இயங்கிச் சைகைகளை எதிரொளிக்கின்றது. தொலைவிலுள்ள ஓர் இலக்கிலிருந்து சைகைகள் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏரியலை நேரடியாகவும் (AF) தரையிலிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்டும் (OF) அடைகின்றன. படம் 22.9 ல் இது விளக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 22.9
இலக்கின் ஏற்றத்தை அளவிடுதல்

ஒளி அலைகளைப்போலவே, தரையிலிருந்து எதிரொளிக்கப் படும் ஒவ்வொரு கதிருக்கும் மீள்கோணமானது படுகோணத் திற்குச் சமமாகும். எனவே, தரையை 30°யில் தொடுகின்ற ஓர் அலை தரையிலிருந்து மேல்நோக்கி அதே 30°யில்

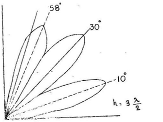
எதிரொளிக்கப்படுகின்றது. தரையில் எதிரொளிப்பு ஏற்படும் போது ஒரு கட்டபேத மாறுபாடு உண்டாகின்றது. ஏரியல் அணியின் இருப்பிடத்தைப் பொறுத்தும், அவற்றின் உயரம், தன்மை ஆகியவற்றைப் பொறுத்தும், தரையின் இயல்பைப் பொறுத்தும் தரையிலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும் அலைகள் ஏரியலை நேரடியாக அடையும் அலைகளுடன் ஒன்று சேருகின்றன. தரைக்குமேல் ஏரியலிருப்பதைப்போல, அதே தூரத்தில் தரைக்குக்கீழே ஏரியலின் பிம்பம்(image) இருப்பதாகக் கருதலாம். உண்மையான ஏரியலையும் அதன் பிம்பத்தையும் கட்டபேத மாறு பாட்டில் கிளர்ச்சியூட்டலாம். அதாவது சைகைகள் ஏரியலை யடையும்பொழுது அவை 180° கட்டபேத மாறுபாட்டிலிருக்கு மாறு அவற்றின் அலைப்பாதைகள் வித்தியாசமடையுமாறு செய்ய லாம். வேறு சில நிலைகளில் அவை ஒத்த கட்ட பேதத்திலிருக்கும். இன்னும் சிலவற்றில் இவை இவ் விரு நிலைகளுக்குமிடையே இருக்கும். இவ்வாறு தரையானது இலக்கினுல் எதிரொளிக்கப் படும் சைகைகளின் செறிவைச் சில கோணங்களில் அதிகப் படுத்தவும், சிலவற்றில் குறைக்கவும் செய்கின்றது.

மின்காந்த அலைகள் உண்மையிலேயே தரையின் மேற் பரப்பினுல் எதிரொளிக்கப்படுவதில்லை. அலைகளை எதிரொளிக் கின்ற தளம் பூமியின் பரப்பிற்குச் சில அடிகள் கீழே இருக்கும் ஏற்றங்களை அளப்பதில் ஏற்படும் பிழைகளைத் தவிர்ப்பதற்காக ஏரியலுக்கருகே தரையை மூலாம் பூசப்பட்ட கம்பிகளால் மூடு வார்கள். இத்தகைய கம்பித் திரை (mat or screen) ஏற்பியின் ஏரியலிலிருந்து பல அலைநீளங்கள் தூரத்திற்கு இருக்கவேண்டும். ஏரியல்களின் உயரத்தை இந்தத் திரையிலிருந்து அளக்க வேண்டுமேயல்லாது தரையின் உண்மையான பரப்பிலிருந்து அளக்கலாகாது.

அரை-அலைநீளமுள்ள இரு மூனை ஏரியலைக் கிடைமட்டத்தில் பயன்படுத்தும்போது உயரத்தினுல் ஏற்படுகின்ற விளைவுகள் படம் 22.10 ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் ஏற்பியில் வருகின்ற திசையாற்றல் படங்கள் இரு மூனை ஏரியல்களின் கோட்டுக்குச் செங்குத்தாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன.

கீழ்நோக்கி வருகின்ற சைகையின் ஏற்றத்தை நிர்ணயிப்பதில் சில அடிப்படையான உண்மைகளாவன: 1. ஓர் அமைப்பில் பல அரை - அலைநீள கிடைமட்ட ஏரியல்கள் ஒன்றின்மேல் ஒன்றுகச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டிருந்தால், கீழ்நோக்கி வருகின்ற ஒரு சைகை அவற்றை ஒத்த கட்டபேதத்திலோ,

அல்லது கட்டபேத மாறுபாட்டிலோ கிளர்ச்சியூட்டும். 2. வெவ்வேறு உயரங்களில் வைக்கப்பட்டுள்ள இத்தகைய இரு ஏரியல்களைக் கவனித்தால் கீழ்நோக்கி வருகின்ற ஒரு சைகை அவற்றிற்கு



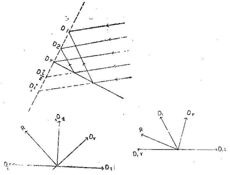
படம் 22.10
உயரத்தினுல் ஏற்படும் விளைவுகள்

வெவ்வேறு முறையில் கிளர்ச்சியூட்டும். இந்தக் கிளர்ச்சியூட்டும் முறை அவற்றின் செங்குத்துத் தள திசையாற்றல் படங்களைப் பொறுத்திருக்கும். அவற்றில் உண்டாகும் நிலையான அலைகளின் வீச்சுகள் கீழ்நோக்கி வருகின்ற சைகையின் கோணத்தைப் பொறுத்தமையும்.

மேலே கூறப்பட்டவற்றில் முதலாவதைக் கவனிப்போம். படம் 22.11 ல் D_1, D_2 என்பன கிடைமட்ட அரை - அலைநீள இருமுனை ஏரியல்களாகவும், அவை ஒன்றன்மீது ஒன்ருக வைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டும் நேராக வருகின்ற கதிர்களினுலும் தரையில் எதிரொளிக்கப்பட்டு வருகின்ற கதிர்களினுலும் உணர்வூட்டப்படும்.

D_1, D_2 ஆகியவற்றில் ஏற்படுகின்ற கட்டபேத நிலைகளை உணர Dr என்ற ஒரு மேற்கோள் (reference) இருமுனை ஏரியலை எடுத்துக் கொள்வோம். அந்த மேற்கோள் இருமுனை ஏரியல் தரையில் பதிக்கப்பட்டிருப்பதாகவும், நேராக வருகின்ற கதிரே அதற்கு உணர்வூட்ட முடியும் என்றும் கொள்வோம். இந்த மேற்கோள் இருமுனையில் தூண்டப்பட்ட மின் அழுத்தம் Dr என்ற வெக்டாரினுல் குறிக்கப்படட்டும். பிறகு நேரடிக்கதிர் Dr க்கு முன்னுல் D_2 க்கு உணர்வூட்டுகின்றது. எனவே, D_2 என்ற வெக்டார் பெறப்படுகின்றது. பிறகு எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்

எதிரொளிப்பினுல் ஏற்படும் கட்டபேதத்தை ஒதுக்கிவிட்டால் D_2 க்கு உணர்வூட்டி Dr க்கு அதே அளவில் பின் தங்குகின்றது. எனவே, D_2i என்ற வெக்டார் பெறப்படுகின்றது. தரையிலிருந்து எதிரொளிப்பு ஏற்படும்போது $180°$ கட்டபேதம் உண்டவதால்



படம் 22.11

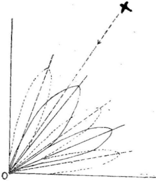
D_2i யையும் படத்தில் $D_2{}^r$ யைப் பெறத் திருப்பவேண்டும். D_2வின் தொகுபயன் கிளர்ச்சி R என்ற வெக்டாரினுல் பெறப்படுகின்றது. இது D_2, $D_2{}^r$ ஆகியவற்றின் வெக்டோரியல் கூட்டிற்குச் சமமாகும். இது Dr க்கு $90°$ முன்னுல் செல்லுகின்றது.

இரு முனை ஏரியல் D_1 க்கும் இதேமாதிரி வெக்டார் படம் வரையலாம். ஆனுல், D_1 Dr க்கு இடையேயும் $D_1 l$, Dr இவற்றிற்கு இடையேயுமுள்ள கோணங்கள் அதிகரிக்கும். மீண்டும் தொகுபயன் கிளர்ச்சி Dr என்ற வெக்டாருக்கு $90°$ முன்னுல் செல்லும். ஆகவே, D_1, D_2 ஆகியவை ஒத்த கட்ட பேதத்தில் கிளர்ச்சியூட்டப்படும்.

இப்போது D_1 என்ற வெக்டார், Dr என்ற வெக்டாருக்கு $180°$ க்கு மேல் முன்னுல் செல்லும்வரை D_1ன் உயரத்தை அதிகரித்தால் D_1ன் தொகுபயன் கிளர்ச்சி Dr க்கு $90°$ பின்னுல்

இருக்கும். எனவே, Dr க்குக் கட்டபேத மாறுபாட்டிலிருக்கும். இப்பொழுது D_1, D_2 ஆகியவற்றை மேலும் உயர்த்தினுல் அவை ஒரே கட்டபேதத்திலோ மாறு கட்ட பேதங்களிலோ இருக்கும்.

இப்போது இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்ட அடிப்படை உண்மையைக் கவனிப்போம். படம் 22.12ல் தரைக்குமேல் ஓர் அலைநீளம், ஒன்றரை அலைநீளம் உயரத்தில் உள்ள இரு கிடைமட்ட அரை - அலைநீள இருமுனை ஏரியல்களின் செங்குத்துத்



படம் 22.12
இருமுனை ஏரியல்களின் செங்குத்துத் திசையாற்றல்

திசையாற்றல் படங்கள் ஒன்றன்மீதொன்ருகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. கீழ்நோக்கி வருகின்ற ஒரு சைகையில் மேலேயுள்ள ஏரியல் OU என்ற பகுதிவரை ஆற்றலூட்டப்படும்.

கீழே உள்ள ஏரியல் OL என்ற பகுதிவரை ஆற்றலூட்டப்படும். $OU : OL$ என்பது கீழ்நோக்கி வருகின்ற சைகையின் சிறப்பியல்பாக இருக்கும்.

OU, OL ஆகியவற்றின் நீளங்களைக் கோனியோ மீட்டர் (goniometer) என்ற கருவியைக் கொண்டு ஒப்பிடலாம். இரு முனை ஏரியல்கள் எப்பொழுதும் ஒத்த கட்டபேதத்திலோ, மாறுபட்ட

கட்டபேதத்திலோ ஆற்றலூட்டப்படும். கோனியோமீட்டர் சுழலியிலிருந்து (rotor coil) வருகின்ற சைகை சுழியாகும். அப்பொழுது ஸ்டேடரில் (stator) மின்னழுத்தங்கள் சமமாகவும் மாறுபட்ட கட்ட பேதத்திலும் இருக்கும். எனவே, கோனியோ மீட்டர் அளவு X, ஏற்றக் கோணம் θவை அறியப் பயன்படும். கோனியோமீட்டரின் வெளிவரு ஆற்றலை ஏரியலுக்குக் கொடுத்து நிலையான பெயர்ச்சி மின்னழுத்தம் (fixed shift voltage) எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. இதனுல் படித்தர நேர் ஏற்றத்திற்கும் (standard - plus deviation) படித்தர எதிர் ஏற்றத்திற்கும் (standard - minus deviation) சரியான சைகைகள் கிடைக்கின்றன. ஏற்றச் சைகை சுழியாக இருக்கும்பொழுது, இரண்டும் சமமாகி ஒரே படித்தர சைகைக்குச் சமமான ஆற்றல் ஏரியலை யடைகின்றது.

23. ராடாரைச் சோதித்தலும் சோதனை கியரும்

(Radar testing and Test gear)

ராடார் தொழிற்படுவதில் சோதனை கியர் என்பது மிக முக்கிய மானதாகும். முதலில் ராடாரைச் செய்பவர் அதன் பல்வேறு பாகங்களைத் தகுந்த கருவிகொண்டு சோதனை செய்யவேண்டும். காலப்போக்கில் பல்வேறு பகுதிகள் பழுதடையும்போது அவற்றைச் சோதித்தும், தேவையானல் மாற்றியும், சிறு சிறு பிழைகள் நேரும்போது அவற்றைச் சரிசெய்தும் ராடார் எப்பொழுதும் நல்ல நிலையில் இயங்கும்படி செய்யவேண்டும். மேலும் கோளாறுகளைச் சரி செய்தபிறகு ராடார் நல்ல நிலையிலேயே இயங்குகின்றதா என் பதை ராடார் பொறியாளர் (radar engineer) சோதித்துப் பார்க்கவும் வேண்டும். மேலே கூறப்பட்டவற்றிலிருந்து தொழிற்சாலைகளிலும் சோதனைச் சாலைகளிலும் மிக்க அனுபவம் வாய்ந்தவர்களால் கையாளப்படுகின்ற பல நுணுக்கங்கள் வாய்ந்த சோதனை கியர்களிலிருந்து ராடாரை இயக்குவதில் பங்கு கொள்ளும் எளியவர்களும் கையாளக் கூடிய எளிய கியர்கள் பல உள்ளன என்பது புலனாகும்.

பொதுவாக ராடார்ச் சுற்றுகளை, சுற்றுகளின் பல பகுதிகளில் உள்ள மின்னேட்டங்களையும் மின்னழுத்தங்களையும் அளந்து பரிசோதிக்கலாம். இவற்றின் மதிப்புகளை ராடார் உருவாக்கப் பட்டபோது பெற்ற மதிப்புகளோடு ஒப்பிட்டுக் கோளாறுகளின் தன்மையையும் அவற்றைச் சரி செய்ய வேண்டிய முறைகளையும் நிர்ணயிக்கலாம். அம்மீட்டர்களும், வோல்ட் மீட்டர்களும் மட்டுமே சோதனை கியரின் முக்கிய அங்கம் வகிப்பவை யல்ல. சாதாரணமாகவே ராடாரைச் சோதனை செய்யும்பொழுது பரப்பி, ஏற்பி, எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் ஆகிய எல்லாவற்றையும் சோதிக்க வேண்டும். ஏனெனில் ராடாரின் செயலுறுதிறன் ஒவ்வொரு பகுதியின் செயலுறுதிறனையும் பொறுத்திருக்கின்றது. உதாரணமாகப் பரப்பி சரியான அளவில் சரியான அடுக்கத்தில் ஆற்றலை

வெளியே செலுத்த வேண்டும். அதைப்போலவே ஏற்பியும் ஆற்றலைப் பெற வேண்டும்.

ராடார் பரப்பியைச் சோதிக்கும்பொழுது அதனுடைய அடுக்கம், அலைவியற்றியின் வெளிவரு அளவு, வீசப்படும் ஆற்றல், துடிப்பின் அமைப்பு, அலைவியற்றியின் மின்னெதிர்ப்புப் பொருத்தம், ஊட்டுக் கம்பிகள், ஏரியல் அமைப்பு, கதிர் வீசலின் புல வலிமை, மாக்னெட்ரானின் திறன், மீட்சி நேரம், T.R. சுவிட்சுகளின் செயலுறுதிறன் ஆகியவற்றைச் சோதிக்க வேண்டும். ஏற்பிகளைச் சோதிக்கும்பொழுது இடைநிலை அடுக்கப்பெருக்கிகள், பட்டை அகலம் (band width), உணர்வு நுட்பம் (sensitivity), இரைச்சல் (noise), A. F. C. ஆகியவற்றைச் சோதிக்க வேண்டும்.

ராடாரில் சோதிக்கவேண்டிய எல்லாவற்றிலும் மிக முக்கியமானது அதன் அடுக்கமாகும். இது மிகவும் எளிதில் செய்யப்படக் கூடியதே. ராடார் நிலையங்களில் இதை 1000-ல் ஒரு பங்கு சரியாகவும் சோதனைச் சாலையில் மேலும் துல்லியமாகவும் அளக்கலாம். எல்லா அடுக்கங்களும் பூமியின் சுழற்சியையே அடிப்படையாகக் கொண்டு அளக்கப்படுகின்றன. சோதனைச் சாலைகளில் அடுக்கங்களை அளப்பதற்கு குவார்ட்ஸ் - படிக அலைவியற்றிகள் (quartz crystal oscillators) பயன்படுகின்றன. ராடாரைச் சோதிக்கும்பொழுது அடுக்கங்களை அலைமீட்டர்களைக் (wave meters) கொண்டும் சோதிக்கலாம். பொதுவாக அலைமீட்டர்களைப் பரப்பிகளின் அடுக்கங்களை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்துகின்றனர். ஏற்பிகளின் அடுக்கங்களை அளப்பதற்கு இந்த அலைமீட்டருடன்கூட ஒரு துணை அலைவியற்றியையும் பயன்படுத்துகின்றனர். குறைந்த அடுக்கங்கள் உள்ள ராடார் கருவிகளைச் சோதிப்பதற்கு சாதாரண அலைமீட்டர்களையே பயன்படுத்துகின்றனர். ஆனால், குறைந்த அலை நீளங்களில் மின்நிலைமம், மின்தேக்கி ஆகியவையுடைய அமைப்புகள் பயன்படுவதில்லை. எனவே, ஓரச்சுக் கம்பிகளை உடைய அலைமீட்டர்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். சில நேரங்களில் ஒத்திசைவு உட்குழிவு அலைமீட்டர்களையும் (resonant-cavity wave meters) பயன்படுத்துகின்றனர்.

உட்குழிவு அலைமீட்டர்களின் அமைப்பு மிக உறுதியாகவும் நிலையான தன்மையுடையனவாகவும் இருக்கவேண்டும். இவற்றின் உட்பக்கங்கள் வழவழப்பாகவும் நன்றாகக் கடத்தும் தன்மையுடையனவாகவும் இருக்கவேண்டும். உட்பகுதிகளுக்கு வெள்ளி முலாம் பூசுவதும், அதன் மீது ரேடியப் பூச்சு கொடுப்பதும் சாலச் சிறந்தது.

பரப்பியின் திறனை மிகத் துல்லியமாக அளப்பது எளிதான காரியமன்று. தொடக்கத்தில் டெசிமீட்டர் அல்லது மீட்டர் ராடார்களின் திறனை மறைமுகமாக அளந்தனர். ஆனால், தற்போது செ.மீ. நீள ராடாரின் திறனைக்கூட நீர்த்தடை (water load) முறையைப் பயன்படுத்தி அளக்கின்றனர். 'எந்திரக்கா மீட்டர்' (enthrako-meter) முறையிலும் திறனை அளக்கலாம். இதில் ரேடியோ அடுக்கத் திறனை எடுத்துச் செல்லும் அலைவழிப்படுத்தியின் சுவரின்வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தையும் அலைவழிப்படுத்தியின் பருமனையும், அடுக்கத்தையும் கணக்கிட்டுத் திறனைக் கணக்கிடலாம். இந்த முறைகள் சோதனைச் சாலைகளில் தான் பயன்படக்கூடும். ராடார் நிலையங்களில் செயல் மானிட்டர் (performance monitor) எதிரொலிப் பெட்டி (echo box) ஆகிய வற்றில் ஒன்றைக் கொண்டு திறனை அளக்கலாம்.

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிவழியே சைகையானது சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பிலிருந்து மாறுபட்டுள்ள ஒரு புள்ளியை அடையும் பொழுது ஆற்றலின் ஒரு பகுதி பரப்பப்படுகிறது என்றும் மற்றொரு பகுதி எதிரொளிக்கப்படுகிறது என்றும் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளைப்பற்றிப் பார்க்கும்போது கூறினோம். இது அலைவழிப்படுத்திகளுக்கும் பொருந்தும். ஆகவே, ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியோ அலைவழிப்படுத்தியோ சரியாக முற்றுப்பெறு விட்டால், அதாவது தடையின் மின்னெதிர்ப்புக் கம்பியின் அல்லது அலைவழிப்படுத்தியின் சிறப்பியல்புகள் மின்னெதிர்ப்புக்குச் சம மாக இல்லாவிட்டால் ஆற்றல் தடையிலிருந்து (load) எதிரொளிக்கப்படும்.

இவ்வாறு எதிரொளிக்கப்படும் அலைகள் கம்பியின்வழியே பின்னோக்கிச் சென்று முன்னோக்கி அலைகளுடன் குறுக்கிடுவதன் விளைவாக நிலையான அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. சில புள்ளிகளில் இரு அலைகளின் மின்னழுத்தங்கள் ஒன்றை ஒன்று வலியூட்டுகின்றன. வேறு சில புள்ளிகளில் ஒன்றை யொன்று எதிர்க்கின்றன. ஒன்றை யொன்று வலியூட்டும் புள்ளிகளைப் பெருமம் (maximum) என்றும், மற்றையதைச் சிறுமம் என்றும் கூறுகின்றோம். இந்தப் புள்ளிகள் கம்பியில் ஒன்றிற்கொன்று சம தூரத்தில் இருக்கின்றன. மேலும் பெருமங்கள் இரு சிறுமங்களுக் கிடையே அவற்றின் மையத்தில் அமைந்துள்ளன.

Ef, Er என்பன முன்னோக்கு அலைகள், பின்னோக்கு அலைகள் ஆகியவற்றின் பெரும மின்னழுத்தங்களைக் குறிப்பிட்டால், பெருமத் தொகு பயன் (resultant maxima), $Ef + Er$ என்பதாலும், சிறுமத் தொகு பயன் (resultant minima) $Ef - Er$ என்பதாலும் பெறப்படும்.

இவை இரண்டின் தகவு $\frac{Ef + Er}{Ef - Er}$ என்பது 'மின்னழுத்த நிலையான அலைகளின் தகவு' (voltage standing wave ratio-U.S.W.R.) எனப்படும். இதைச் சுருக்கமாக 'நிலையான அலைகள் தகவு' (standing wave ratio - S.W.R.) என்பர்.

மின்னோட்ட நிலையான அலைகளின் தகவு - மின்னழுத்த நிலையான அலைகளின் தகவுக்கு எண் மதிப்பில் (numerically) சமம் என்பதையும் மின்னழுத்தப் பெருமப் புள்ளிகள் மின்னோட்டச் சிறுமப் புள்ளிகளாகவும், மின்னோட்டப் பெருமப் புள்ளிகள் மின்னழுத்தச் சிறுமப் புள்ளிகளாகவும் உள்ளன என்பதையும் நாம் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

$\frac{Er}{Ef}$ என்பது எதிரொளிப்பு எண் (reflection co-efficient) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு வெக்டார் அளவாகும். ஏனெனில், எதிரொளிக்கப்பட்ட அலைகள் முன்னேறும் அலைகளுடன் எந்தக் கட்டபேதத்திலும் இருக்கலாம்.

Zo என்பது கம்பியின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு என்றும், $Z_1 = R_1 + j X_1$ என்பது தடையின் (load) சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு என்றும் கொண்டால் எதிரொளிப்பு எண் $= \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$ ஆகும். இது ஒரு வெக்டார் அளவாகும். எதிரொளிப்பு எண்ணின் அளவு

$$= \left[\frac{(Z_0 - R_1)^2 + X_1{}^2}{(Z_0 + R_1)^2 + X_1{}^2}\right]^{\frac{1}{2}} = K \text{ என்க.}$$

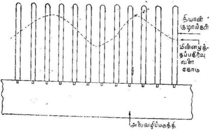
$S. W. R.$ என்பதை நாம் S என்று குறிப்பிட்டால் பிறகு $S = \frac{1 + K}{1 - K}$ அல்லது $K = \frac{S - 1}{S + 1}$ என்று ஆகும். தடையிலிருந்து மிக அருகேயுள்ள மின்னழுத்தப் பெருமம், அல்லது சிறுமத்தின் தூரம் (X) அலைநீளங்களில் அளக்கப்படும்போது

$$\tan 4\pi x = \frac{2Z_0 \times 1}{R_1{}^2 + X_1{}^2 - Z_0{}^2}$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது. X_1 நேர்க்குறியாக இருந்தால் புள்ளி மின்னழுத்தப் பெருமமாகவும், எதிர்க்குறியாக இருந்தால் புள்ளி மின்னழுத்தச் சிறுமமாகவும் இருக்கும்.

எனவே, ஊட்டுக்கம்பி அல்லது அலைவழிப்படுத்தியின் ஏற்பு முனையில் ஒரு மின்தடையை இணைத்து அதன் நிலையான அலைத் தகவை அளந்தால் இதிலிருந்தும் கம்பியின் தடை இணைக்கப் பட்டுள்ள முனையைப் பொறுத்து, மின்னழுத்தப் பெரும, சிறுமங்களின் இருப்பிடங்களிலிருந்தும் மேலே கண்ட சமன் பாட்டைப் பயன்படுத்தி மின்தடை, மின்மறுப்பு ஆகியவற்றை அலைவழிப்படுத்தியின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு வகையில் கணக்கிடலாம். இதற்கு 'இயல்பான மின்னெதிர்ப்பு' (normalised impedance) என்ற ஒன்றைப் பயன்படுத்துகின்றோம். இந்த முறையில் ஒரு கம்பியின் மின் எதிர்ப்பு அளக்கப்படுகிறது.

இந்த மின்னெதிர்ப்பு எவ்வாறு அளக்கப்படுகின்றது என்பதை இனி பார்ப்போம். கம்பியில் எங்கெங்கு மின்னழுத்தப் பெருமங் களும் எங்கெங்கு மின்னழுத்தச் சிறுமங்களும் உள்ளன என்று துளைகளிட்டுக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. இதற்கு, 'தொடர்ச்சி யற்ற கம்பி' (slotted line) என்ற ஒரு கருவியைப் பயன்படுத்து கின்றனர். இதில் ஒரு நீளமான காற்றைக் கடத்தாப் பொருளாக உடைய ஓர் ஓரச்சுக் கம்பி (co axial cable) உள்ளது. இதனு டைய விட்டம் சாதாரணக் கம்பியைவிட அதிகமாக இருக்கும். இதை ஊட்டுக் கம்பியில் பொருத்தி வெவ்வேறு புள்ளிகளில் மின்னெதிர்ப்புகளைக் காணலாம்.



படம் 23.1
நியான் காட்டி

S.W.R. ஐக் கண்ணால் கண்டு நிர்ணயிப்பதற்காகப் படம் 23.1 ல் காட்டியபடி ஒரு நியான் காட்டியைப் பயன்படுத்து

கின்றனர். ஒரு குறுகிய அலைவழிப் படுத்தியில் தொடர்ச்சியாக பல நியான் குழாய்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. குழாய்கள் ஒன்றிற்கொன்று சம இடைவெளிகளிலுள்ளன.

தொடக்கத்தில் எல்லாக் குழாய்களையும் ஒரே மாதிரியாகச் சரிப்படுத்தி இருந்தால் ஒவ்வொரு குழாயிலும் நியான் ஒளிரும் தூரமானது, அந்தக் குழாய் இருக்கின்ற புள்ளியிலுள்ள மின்னழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். இவ்வாறு இந்த அமைப்பு அலையின் வடிவத்தை நம் கண்ணுல் காண உதவுகின்றது.

மாக்னெட்ரான்கள் எடுத்துவிடக்கூடிய காந்தங்களைப் பெற்றிருக்கும்போது அந்தக் காந்தங்களின் துருவ வலிமையைச் சோதிக்கவேண்டும். ஏனெனில் காந்தப் புலத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் மாக்னெட்ரான் செயல்படுவதைப் பாதிக்கும். இதை இயங்கக்கூடிய கம்பிச் சுருளையுடைய ஒரு *D. C.* மீட்டரால் சோதிக்கலாம்.

மாக்னெட்ரான் துடிப்புநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்கத்தை வெளியிடுவதில்லை. ஆனால், பல அடுக்கங்களையுடைய ஒரு தொடர்ச்சியான பட்டையை வெளியிடுகின்றது என்பது நாமறிந்த தொன்றாகும். பரப்பி வேலைசெய்வதைச் சோதிப்பதற்குச் சில சமயங்களில் இந்த மாக்னெட்ரானின் அடுக்கங்களைச் சோதிக்க வேண்டும். இதை ஒரு குறுகிய இடைநிலைப் பட்டையகலத்தையுடைய கலக்கிப் பிரித்தல் ஏற்பியால் செய்யலாம்.

ராடாரில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் மிகவும் உபயோகமான தொன்று என்பது நாம் நன்கறிந்ததாகும். இது பண்பேற்றியின் துடிப்பையும் காலவடித் துவக்கிச் சுற்றுகள் ஆகியவற்றின் அலைவடிவங்களையும் சோதிக்கப் பயன்படுகின்றது. மேலும் ராடாரில் பயன்படும் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் ஒளிப் பொட்டு பன்மடங்குப் பொலிவுடன் இருக்கவேண்டும். மேலும் காலவடியும் ஒவ்வொரு தடவையும் சோதிக்கப்படவேண்டும். எதிர்மின் கதிர்க் குழாய் உயரடுக்கங்களில் இயங்கும்பொழுது ஹால்மன் விளைவு (Hollman effect) ஏற்படுகின்றது. ஓர் அலைவுநேரம் (சோதிக்கப் படவேண்டியது என்று கொள்வோம்) எலெக்ட்ரான்கள் விலக்கும் தகடுகளுக்கு இடையே செல்லும் நேரத்தோடு ஒப்பிடக்கூடியதாக இருந்தால், எலெக்ட்ரான்மீதுள்ள நிலைமின்னியல் விசையானது அந்த எலெக்ட்ரான் அந்த விசையின் கீழிருக்கும் நேரத்தில் மாறுபடும். குறிப்பாக இந்தத் தூரத்தைக் கடப்பதற்கு எலெக்ட்ரான் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும், அலைவுநேரமும்

ஒன்றாக இருந்தால் ஒவ்வோர் ஈர்ப்பும், எதிர்தள்ளுதலும் செயற்பட்டு மொத்த விளைவு சுழியாகும். அதாவது எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் விலக்கம் ஏற்படாது. முடுக்கு மின்னழுத்தத்தைப் (accelerating voltage) பயன்படுத்தி அதாவது எலெக்ட்ரான்கள் வேகத்தை அதிகப்படுத்தியும் அல்லது தகடுகளின் நீளத்தைக் குறைத்தும் இந்த விளைவைத் தவிர்க்கலாம். ஆனால், இம் முறைகளால் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் நுட்பம் பாதிக்கப்படும். மேலும், இந்த இரு முறைகளும் ஒரு வரையறைக்குட்பட்டு இருக்கும். இதுகாறும் கூறியவற்றிலிருந்து ஓர் எதிர் மின்கதிர்க் குழாயைச் செய்வது எளிதன்று என்பது தெரியவரும். ஆனால், நடைமுறைக்கு வந்துள்ள எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்களைப் பயன்படுத்தி ஒரு மைக்ரோ விநாடியில் 1/10 பாகம் வரை துல்லியமாக அளக்கலாம்.

இப்போது ஏற்பியைச் சோதிப்பதுபற்றிக் கூறுவோம். ஏற்பியின் முக்கியக் குணம் அதன் உணர்வு நுட்பமாகும் (sensitivity). ஓர் உணர்வு நுட்பமற்ற ஏற்பியில் செயலுறுதிறன் நன்றாக அமையாது. ஓர் ஏற்பியின் உணர்வு நுட்பத்தைத் திட்டவட்டமாக வரையறுத்துக் கூறமுடியாது. அதிலும் ராடார் ஏற்பியில் இது மிகவும் கடினமாகும். ராடார் ஏற்பியில் சைகைக்கும் இரைச்சலுக்குமுள்ள தகவைக் கவனிக்கவேண்டும். ஏற்பியில் சைகையின் வலியை அதிகரிக்கும்போது இரைச்சலும் அதிகரிக்கின்றது. இந்த இரைச்சலுக்கு வெப்ப விளைவுகளும், ஏரியலில் மோதுகின்ற தேவையற்ற இரைச்சலுமே காரணமாகும்.

ஒரு கடத்தியில் எலெக்ட்ரான்கள் தன்னிச்சையாகத் திரிவதன் மூலம் கடத்தியின் குறுக்கே ஓர் இரைச்சல் மின்னழுத்தம் உண்டாகிறது. இதன் சராசரி இருமடி மதிப்பு (mean square value) கடத்தியின் மின்தடைக்கும், அதன் சார்பிலா வெப்ப நிலைக்கும் (absolute temperature) நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. இந்தக் குணங்கள் கடத்திக்கு இயற்கையானவை. இவற்றை ஒன்றும் செய்ய முடியாது.

ஓர் ஏற்பியில் எலெக்ட்ரான்கள் ஒழுங்கற்று வெளிவருவதால் (இதற்கு shot effect என்று பெயர்) ஏற்படும் இரைச்சல் முந்தைய பகுதியில் கூறப்பட்ட இரைச்சலைவிட 10 அல்லது 20 பங்கு இருக்கும். ஏற்பிகளைப் பலமுறைகளில் சோதிக்கலாம். ஆனால், ஒவ்வொன்றிலும் அவற்றிற்கேயுரிய நன்மைகளும் தீமைகளும் உண்டு. பரப்பியிலிருந்து ஒரு சைகையை அனுப்பி எதிரொளிக்கப்படும் சைகையைச் சோதிப்பதிலிருந்து ஏற்பியைச் சோதிக்கலாம். ஆனால், இந்த முறை ஒரு நிலையான அமைப்பில் மட்டுமே பயன்

படக் கூடும். எனவே, ஏற்பிகளை ஒரு சைகையாற்றியைக் கொண்டோ (single generator) அல்லது இரைச்சல் இயற்றிகளைக் கொண்டோ (noise generator) சோதிக்கலாம். இவை ரேடியோ எஞ்சினியர்களுக்குத் தேவையானதால் அவற்றைப்பற்றி இங்கே விவரித்துக் கூறப்படவில்லை.

ராடாரில் *T. R.* சுவிட்சையும் அடிக்கடி சோதிக்க வேண்டும். ராடாரின் பல பகுதிகளில் ஏற்படக்கூடிய மின்னழுத்தங்கள் மிக அதிகமானவை; உயிருக்கு ஆபத்தையும் விளைவிக்கக் கூடியவை யென்பதை எப்பொழுதும் கவனத்தில் வைக்க வேண்டும். முடிந்த போதெல்லாம் ராடாரைச் சோதிக்கும்போது மின்சாரம் செல்லு வதை நிறுத்திவிட்டுச் சோதனையைத் தொடங்க வேண்டும். மேலும், ஒருவர் சோதித்துக் கொண்டிருக்கும்போது வேறு எவரும் தற்செயலாகக்கூட மின்சாரத்தைச் செலுத்த முடியாதபடி முன் னெச்சரிக்கை ஏற்பாடுகளைக் கொள்ளவேண்டும். சில சோதனை களை மின்னோட்டம் இருக்கும்போதுதான் செய்ய முடியும். அப் பொழுது மிக அதிகமாக எச்சரிக்கையைக் கைக்கொள்ள வேண்டும். தவருக கையாளப்பட்டால் எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் வெடித்துக் கைகளுக்கும் முகத்திற்கும் மிகுந்த ஆபத்தை விளை விக்கலாம். எனவே, இவற்றைக் கவனமாகக் கையாள்வதுடன் அவற்றை ஆயுதங்களால் தட்டவோ வேறு விதமாகக் கையாளு வதோ கூடாது. மாக்னெட்ரானிலுள்ள காந்தத்தை இரும்பு அல்லது எஃகினுல் தொடக் கூடாது. படிகத்தை மாற்றும்போது அதை உயர்ந்த ரேடியோ அடுக்கப் புலனுக்கு உட்படுத்தக் கூடாது. முக்கியமாக எங்கெல்லாம் முடியுமோ அங்கெல்லாம் மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் குறித்து வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். இவற்றை வேறொரு சமயத்தில் எடுக்கப்பட்ட அளவுகளுடன் ஒப்பிட்டு ராடாரில் ஏற்பட்டுள்ள பழுதுகளையும் அவற்றை நிவர்த்திக்கும் முறைகளையும் அறியலாம்.

வினுக்கள்

1. ராடார் தொழிற்படுவதில் சோதனை கியர் மிக முக்கிய மானது. ஏன்?

2. ராடாரின் பல பாகங்களைச் சோதிக்கும்பொழுது பின்பற்ற வேண்டிய முன்னெச்சரிக்கைகளை விளக்குக.

3. ராடார் பரப்பியில் சோதிக்கப்படவேண்டியவை யாவை?

4. ராடார் விலக்கங்கள் எவ்வாறு சோதிக்கப்படுகின்றன?

5. ராடார் பரப்பியின் திறன் எவ்வாறு சோதிக்கப்படுறது ?

6. ராடாரில் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள், அலைவழிப்படுத்தி ஆகியவை சோதிக்கப்படும் முறையை விவரி.

7. மைக்ரோ அலைகளை உண்டுபண்ணும் மாக்னெட்ரானை ஏன் சோதிக்க வேண்டும் ?

8. எதிர்மின் கதிர்க் குழாயைச் சோதிக்கும் முறையை விவரி.

9. ராடார் ஏற்பியைச் சோதிக்கும் முறையை விளக்குக.

10. *T. R.* சுவிட்சு சோதிக்கப்படும் முறையையும் அது ஏன் சோதிக்கப்படவேண்டும் என்பதற்கான காரணங்களையும் விளக்குக.

11. சிறு குறிப்பு வரைக:
    (a) ராடாரைச் சோதித்தல்.
    (b) குவார்ட்ஸ் படிக அலைவியற்றிகள்.
    (c) ஒத்திசைவு — உட்குழிவு அலைமீட்டர்கள்.
    (d) எதிரொலிப்புப் பெட்டி.
    (e) நிலையான அலைகள் தகவு.
    (f) ஹால்மன் விளைவு.
    (g) சைகை இயற்றி.

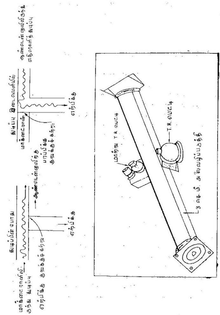
24. பரப்பி-ஏற்பி சுவிட்சுகள்

(T. R. Switches)

ராடாரில் பரப்பி-ஏற்பி சுவிட்சு மிக முக்கியமான ஒன்றாகும். 10 செ.மீ. அலைநீளத்தில் தொழிற்படுவதும், அலைகளைக் கொண்டு செல்வதற்கு அலைவழிப்படுத்திகளைப் (wave guides) பயன்படுத்துவதுமான ஒரு பரப்பி-ஏற்பியின் சுவிட்சு படம் 24.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் அலை வழிப்படுத்தியின் ஒரு பகுதியுடன்கூட, இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட மின்குழாய்களும் உள்ளன. மாக்னெட்ரானிலிருந்து வருகின்ற துடிப்புகளின் ஆற்றல் குழாய்களிலுள்ள வாயுவை அயனியாக்கம் அடையச் செய்கின்றது. அதாவது வாயுவின் அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் பிரிக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில் வாயுவிலுள்ள சில புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் (free-electrons) மின்னழுத்த பேதத்தினுல் அதிவேகத்தில் சென்று இந்த விளைவைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதற்குத் தேவையான மின்னழுத்த பேதம் மாக்னெட்ரானினுல் உண்டாக்கப்படுகின்றது. இந்தப் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்களுடன் வேகமாக மோதி அவற்றிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. இப்படி விடுவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் மற்ற அணுக்களுடன் மோதி, மேலும் எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. இவ்வாறு ஒரு மைக்ரோ வினடியின் ஒரு பகுதியில் மின்னேட்டத்தை உண்டாக்குவதற்கு எண்ணிறந்த எலெக்ட்ரான்கள் கிடைக்கின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மோதுதலினுல் அணுக்கள் உந்தப்பட்டு வாயு ஒளியை விடுகின்றது. இங்கு விடப்படும் ஒளி முக்கியமன்று. ஆனல், வாயுவின் மூலக்கூறுகளிலும் அணுக்களிலும் நடைபெறுகின்ற இந்த நிகழ்ச்சிதான் விளம்பரங்களில் அதிகமாகப் பயன்படும் நியான் விளக்குகளை ஒளிரச் செய்கின்றது.

மாக்னெட்ரானின் துடிப்பு முடிவுறும்பொழுது எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் மிகமிகக் குறைந்து மிகக் குறுகிய காலத்தில் அவை

அணுக்களால் திரும்பவும் கவரப்படுகின்றன. வாயுவில் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் இல்லையேல் இந்தக் குழாய்கள் வழியாக மின்னோட்டம் செல்ல முடியாது. இந்தக் குழாய்கள் ஒரு சுவிட்சைப்



படம் 24.1
பரப்பி—ஏற்பி சுவிட்ச்

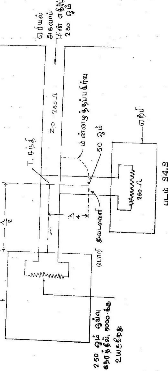
போல் செயல்படுகின்றன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. ஒரு சாதாரண சுவிட்சைப் போடும்பொழுது மின்னோட்டம் செல்வதையும், அதை நிறுத்தும்போது மின்னோட்டம் நின்றுவிடுவதையும் நாமறிவோம். அதைப்போலவே மாக்னெட்ரான் ஒரு

துடிப்பை உண்டாக்கும்பொழுது வாயு நிரப்பட்ட குழாய்கள் தாங்களாகவே தொழிற்படுகின்றன. ஒரு மைக்ரோ விநாடிக்கும் குறைவான நேரத்தில் இயங்க ஆரம்பித்து, மாக்னெட்ரான் துடிப்பு இருக்கும்போது இயங்கிப் பிறகு விரைவாக இவை நின்று விடவேண்டும். இப்படி ஒரு விநாடியில் பல நூறு தடவை நிகழ வேண்டும். ஓர் இயந்திர சுவிட்சு (mechanical switch) இவ்வளவு அதிக வேகத்தில் இயங்க முடியாது.

வாயு நிரப்பப்பட்ட குழாய்கள் அலைவழிப்படுத்தியில் அவற்றைத் திறக்குமாறும், தேவைப்பட்டால் மூடிவிடக்கூடிய நிலையிலும் இயங்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. பரப்பியில் துடிப்பு ஏற்படும்போது, மாக்னெட்ரானுக்கும் ஏரியலுக்கும் உள்ள வழியைத் திறந்துவிடுகின்றன. ஆனால், ஏற்பிக்கு உள்ள வழியை அடைத்துவிடுகின்றன. இதனால் ஏற்பியிலுள்ள நுண்ணிய பாகங்கள் சேதமடையாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. பரப்பியில் துடிப்பு முடிவுற்ற பிறகு ஏரியலுக்கும், ஏற்பிக்குமுள்ள வழி திறக்கப்பட்டு 'மாக்னெட்ரானுக்கு' உள்ள வழி மூடப்படு கின்றது. இவ்வாறு இலக்கிலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும் சைகையானது ஏற்பியின் ஏரியலை யடைகின்றது.

ஒரே ஏரியலை, சைகைகளைப் பரப்புவதற்கும், அவற்றைத் திருப்பிப் பெறுவதற்கும் பயன்படுத்தும்பொழுது ஆற்றலை விரய மாக்காமல் பெறுகின்ற முறைகளைப்பற்றி நாம் கவனிக்கவேண்டும். இதற்கு முக்கியமாக ஏற்பியின் உள்ளீடு சுற்றுகளைச் சேத மடையாமல் பாதுகாக்கவேண்டும். அதிலும் மிகக் குறுகிய அலைகளைப் பயன்படுத்தும்பொழுது இதனை நாம் மிகவும் கவனத்தில் வைக்கவேண்டும். மேலும் ராடார் நன்கு தொழிற்பட ஏற்பிச் சுற்றில் பரப்பியின் ஆற்றல் விரயமாவதையும், பரப்பியின் சுற்றில் ஏற்பியின் ஆற்றல் விரயமாவதையும் அறவே தடுக்க வேண்டும். பரப்பி-ஏற்பி சுவிட்சுகளின் தத்துவத்தை ஓரச்சு திறந்த ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளைப்போலவே அலைவழிப் படுத்திகளிலும் உபயோகிக்கலாம். பிந்தையதில் $\lambda/4$, $\lambda/2$ பகுதிகள், முந்தையதில் $\lambda/4$ பகுதிகளுக்குப் பதிலாகச் செயற்படு கின்றன.

படம் 24.2, ஓர் எளிய *T. R.* சுவிட்சின் தத்துவத்தை விளக்கப் பயன்படுகின்றது. சுவிட்சுடனுள்ள $\lambda/2$, $\lambda/4$ கம்பி களுடன் பொறி இடைவெளியும் (spark gap) இதில் பங்கு பெறு கின்றது. பொறி இடைவெளி ஒரு நல்ல சுவிட்சாகப் பயன் படுகின்றது. ஏனெனில், இந்த இடைவெளியில் மின்னழுத்தம்



படம் 24.2
பரப்பி—ஏற்பி சுவிட்சின் விளக்கம்

மிக அதிகமான அளவிற்கு உயருகின்றவரை அது ஒரு திறந்த சுற்றிலேயே இருக்கின்றது.

மின்வாய்களுக்கு இடையேயுள்ள வாயு, அயனியாக்கம் அடைவதால் வில் (arc) உண்டாகிறது. அயனியாக்கம் ஆரம் பித்தவுடன் அது மிகக் குறைந்த மின்னழுத்தத்திலேயே நீடிக்கும். அப்போது இடைவெளியின் மின்தடை ஒரு குறுக்குச் சுற்றை ஒத்திருக்கும். வளிமண்டல அழுத்தத்தில் காற்று, வில்லை ஆரம்பிப்பதற்கு ஓர் அங்குலத்திற்கு 30,000 வோல்ட்டுகளை எடுத்துக்கொள்கிறது. இடைவெளியில் வில் தொடங்கிவிட்டால் பிறகு அது 50வோல்ட்டுகளிலேயே தொடர்ந்திருக்கும். வில்லைத் தொடங்குவதற்குரிய மின்னழுத்தமும், பிறகு அதைக் காப்பதற் குரிய மின்னழுத்தமும் வாயுவின் அழுத்தத்தையும், உபயோகப் படுத்தப்படும் வாயுவின் தன்மையையும் பொறுத்து அமை கின்றன.

ஓர் எளிய சுற்றில், ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் சிறப் பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு (characteristic impedance) ஏரியலின் ஊட்டுப்புள்ளி மின்தடை, (feed - point resistance of the aerial) ஏற்பியின் உள்ளீடு மின்தடை, பரப்பியின் வெளிப்பகுதி மின்தடை ஆகியவை 250 ஓம்கள் எனக் கொள்வோம். மேலும் பரப்பியின் வெளிப்பகுதி மின்தடை ஓய்வு நேரத்தில் (resting time) 5000 ஓம்களுக்கு உயருவதாகவும் கொள்வோம். மின்சாரத் தைக் கடத்துகின்ற பொறி இடைவெளியின் மின்தடை ஏறக் குறைய 50 ஓம்கள் என்றும் கொள்வோம்.

(1) பரப்பியின் துடிப்பு T சந்தியில் (T - junction) பிரிந்து ஒரு பகுதி ஏரியலுக்கும் மற்றொரு பகுதி பொறி இடைவெளிக்கும் செல்கின்றது. பொறி இடைவெளி உடைக்கப்படுகின்றது.

(2) இதன் விளைவாக பொறி இடைவெளியின் 50 ஓம் T சந்திபிற்கு எதிரேயுள்ள $\lambda/4$ கம்பியின் 250 ஓமுக்குக் குறுக்காக வைக்கப்படுகின்றது.

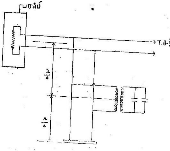
(3) T சந்தியில் புலப்படுகின்ற மாதிரி $\lambda/4$ கம்பி (இயல் பாக 50 ஓம்களையுடையது) உள்ளீடு பகுதி மின்னெதிர்ப்பு $Z = \frac{250^2}{50} = 1250$ ஓம்களைப் பெறுகின்றது.

(4) பரப்பப்படும் ஆற்றலில் பெரும் பகுதி ஏரியலுக்குச் செல் கின்றது. ஏனெனில் அது கம்பியை 250 ஓம்கள் மின்னெதிர்ப்பில்

இணைக்கின்றது. வேறு பாதையில் மின்னெதிர்ப்பு 1250 ஓம்களாக உள்ளது.

(5) சுருக்கமாகக் கூறின், தேவையான அளவு ஆற்றல் பொறி இடைவெளிக்குச் சென்று அதை இயக்க வைக்கின்றது. மீத முள்ள ஆற்றல் ஏரியலுக்குச் செல்லுகின்றது.

பரப்பியின் துடிப்பு முடிவுற்றதும் இடைவெளி அயனி நீக்க மடைகிறது. இலக்கிலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும் சைன்கள் T சந்தியை அடைந்து குறுகிய மின்னெதிர்ப்புள்ள கம்பியின் ஏற்பியை அடைகின்றன. இவற்றின் பாதை Zo என்ற மின்னெதிர்ப்பில் முடிவுறுகின்றது. இப்பொழுது T சந்தியிலிருந்து பரப்பிக்கு (இது $\lambda/2$ பிரிவு) ஓய்வு நேரத்தின்போது 5,000 ஓம்களைப் பெற்றிருப்பதால் சைகைகள் செல்லமுடியாமல் ஏற்பியை அடைகின்றன. சில நேரங்களில் ஒரு பரப்பி, ஏற்பி சுவிட்சுடன் கூட ஒரு பரப்பித் தடுப்பு சுவிட்சும் (T. B. Switch) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதன் அமைப்புப் படம் 24.3 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

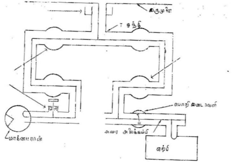


படம் 24.3
T. B. சுவிட்சு

பரப்பித் தடுப்பு சுவிட்சுகள் (இனி இதை *T. B.* சுவிட்சுகள் என்று அழைப்போம்) பரப்பி-ஏற்பி சுவிட்சுகள் (இனி இதை *T. R.* சுவிட்சுகள் என்றழைப்போம்) ஆகிய இரண்டும் இயங்க,

ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. எனவே, அவற்றின் பயனுறுதிறன் குறைகின்றது. இதைத் தடுப்பதற்காக மின் மாற்றிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

ரேடியோ அடுக்க மின்மாற்றிகள், ராடார் ஊர்தி அடுக்கங்களில் செயற்படத் தகுந்தவையல்ல. ஆகவே, ஒத்தியைவுக் கம்பிகள் (resonant lines) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு T.R. சுவிட்சின் செயலுறும் தன்மை, பொறி இடைவெளியின் மின் தடையைப் பொறுத்தது. இதுவே ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பை ஒத்திருக்கும். எனவே, எல்லா ஓரச்சுக் கம்பிகளிலும் ஒத்தியைவு மின்மாற்றிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. படம் 24.4 இத்தகைய ஓர் அமைப்பைக் காட்டுகின்றது.



படம் 24.4

ஓரச்சுக் கம்பிகளில் ஒத்தியைவு மின்மாற்றிகள்

இதில் (1) மாக்னெட்ரான், பரப்புதலின்போது கம்பியுடன் ஓர் இசைவுப் பொருத்தியால் இணைக்கப்படுகின்றது.

(2) T சந்தியில் மாக்னெட்ரான் இயங்காதபோது, பரப்பியின் நீளம் சந்தி மின்னெதிர்ப்பு மிக அதிகமாக இருக்குமாறு அமைந்

துள்ளது. மாக்னெட்ரானின் உள்ளீடு அளவு மின்னெதிர்ப்பு ஓய்வு நேரத்தில் மிக அதிகமாகவும், இயங்கும்போது மிகக் குறைவாகவும் இருக்கின்றன.

(3) எதிரொளிக்கப்பட்ட சைகைகள் ஏற்பியை நோக்கி மின்னெதிர்ப்பு குறைந்தவழியே செல்லுகின்றன.

(4) மின்மாற்றி 1 : 1 என்ற வகையைச் சார்ந்தது. அதாவது $\lambda/2$ கம்பிவகையைச் சேர்ந்தது.

(5) இந்த $\lambda/2$ கம்பிக்கு ஓர் இசைவுச்சுற்றுக்குரிய எல்லாக் குணங்களும் உண்டு. முனையில் அதன் உள்ளீடு அளவு மின்னெதிர்ப்பு சுழியாகவும், மத்தியில் உச்சமாகவும் இருக்கும்.

(6) இந்த மின்னெதிர்ப்பின் அளவு $\lambda/2$ கம்பியில் Qவையும் ஏற்பியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தடையையும் பொறுத்திருக்கும்.

(7) $\lambda/2$ கம்பிகளின் இரு பக்கத்திலுள்ள ஓரச்சுக் கம்பிகள் அவற்றின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்புகள் பொருந்துமாறு அமைந்துள்ளன.

(8) ஏற்பியின் உள்ளீடு அளவுச் சுற்று ஊட்டுக் கம்பியுடன் சரியான மின்னெதிர்ப்பு Z_0 வரும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

T. R. சுவிட்சுகளில் உள்ள பொறி இடைவெளிகள் பல விதங்களில் மாறுபடுகின்றன. சுவிட்சு திறம்பட இயங்க, வில் ஏற்படும் வரை பொறி இடைவெளியின் மின்தடை அதிகமாகவும், வில் ஏற்பட்டவுடன் மின்தடை குறைவாகவும் இருக்கவேண்டும். மேலும், துடிப்பு முடிவுற்றவுடன் வில்லும் மறைந்துவிட வேண்டும். காற்றில் பொறி இடைவெளியின் மின்தடை 30லிருந்து 50 ஓம்கள் வரையிலும் வில் இயங்கும்போது இருக்கும். மேலும், அயனி நீக்க நேரம் 10 மைக்ரோ விநாடிகளாகும்.

மைக்ரோ அலை அடுக்கங்களில் ஒரு படிகம் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இது முக்கியமாக அடுக்கங்களைக் கலப்பதற்குப் பயன்படுகின்றது. அலைவழிப்படுத்திகளில் நீண்ட அலை நீளங்களுள்ள சுற்றுப் பண்புகளே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இங்குப் பொறி இடைவெளியிலுள்ள அயனிகள் பரப்பியின் துடிப்பு நின்றவுடனே நீக்கப்படவேண்டும்.

வினாக்கள்

1. அலைவழியைப் பயன்படுத்துகின்ற ஒரு ராடாரின் *T. R.* சுவிட்சைப் படத்துடன் விளக்குக.

2. பொறி இடைவெளி பங்கு பெறுகின்ற ஓர் எளிய *T. R.* சுவிட்சின் படம் வரைந்து அதை விளக்குக.

3. ஒரு *T. B.* சுவிட்சைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

4. மின்மாற்றி பயன்படுத்தப்படும் ஒரு *T. R.* சுவிட்சின் அமைப்பைப் படத்துடன் விளக்குக.

25. சில, மாதிரி ராடார் அமைப்புகள்

(Some typical Radar installations)

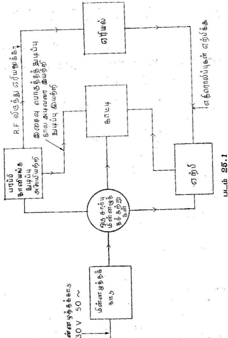
இந்தப் பகுதியில் பல தரப்பட்ட ராடார்களைப்பற்றிக் கவனிப் போம்.

(1) 1,00,000 கெஜம் பெரும தூரத்திலுள்ள இலக்குகளை அறிவதற்கான பொது எச்சரிக்கை அமைப்பு: (General warning set for detecting targets at 1,00,000 yards maximum range.)

இத்தகைய அமைப்புகளில் தூரத்தைத் துல்லியமாக அளக்கத் தேவையில்லை. ஏனெனில், எச்சரிக்கை கிடைத்தவுடன் குறுகிய எல்லையில் துல்லியமாகச் செயல்படும் அமைப்புகளை எளிதில் இயங்கச் செய்துவிடலாம். விநாடிக்கு 50 சுற்றுகளில் 230 வோல்ட்டுகளிலுள்ள மின்னழுத்தம் போதுமானது. இந்த ராடாரின் அமைப்பு மிகச் சிறியது; இயக்குவதற்கு எளிதாகவும், விலை குறைவாகவும், எளிதாகப் பாதுகாக்கப்படவும் கூடியது. இதில் '*A*' தோற்றமுறையே (display), கையாளப்படுகிறது. காட்டியில் (indicator) ஒரு சுவிட்சினால் கட்டுப்படுத்தப்படும் இரண்டு நெடுக்கங்கள், காட்டாக 1,00,000 கெஜங்கள்; 20,000 கெஜங்களிலுள்ளன. இதைக் கடற்கரைப் பகுதிகளில் அமைக்க லாம். பொதுவாக, விமானங்களைப்பற்றி அறிவிப்பதற்கு இது பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

இந்த அமைப்பில் ஊர்தி அடுக்கம் (carrier frequency) 100 மெகா சுற்றுகள் என்று கொள்வோம். இது சாத்தியமான ஒன்றாகும். ஏனெனில், இங்குத் தூரத்தை அதிநுட்பமாக அளக்கத் தேவையோ அல்லது ராடார் அமைப்பின் பருமன், எடை ஆகிய வற்றைப்பற்றிய கட்டுப்பாடுகளோ இல்லை. இவ்வாறு குறைந்த திறனைப் பயன்படுத்தி நீண்ட அலைகளால் உண்டாகும் பயன் களைப் பெறலாம். தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட ஊர்தி அடுக்கமும்

டிரயோடு மின்குழாய்களின் திறனுக்குள் அடங்கியிருக்கும். உச்சத்திறன் ஏறக்குறைய 15 கிலோ வாட்டுகளாகும். இத்தகைய



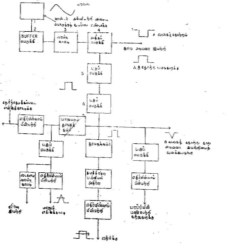
படம் 25.1
பொது எச்சரிக்கை ராடாரின் தொகுப்புப் படம்

ராடாரின் அமைப்பு, படம் 25.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய அமைப்புகளை இச் சிறு புத்தகங்களில் விரிவாகக்

காட்டமுடியாமையால் இந்தப் பகுதி முழுவதும் தொகுப்புப் படங்களே (schematic diagram) காட்டப்பட்டுள்ளன.

(2) தரையிலுள்ள இலக்குகளை அறிவதற்கு, விமானத்தில் எடுத்துச் செல்லக்கூடிய ராடார் அமைப்பு: (An airborne equipment for observation of surface targets)

இத்தகைய அமைப்பு தொகுப்புப்பட முறையில் படம் 25.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்குத் தரையிலுள்ள இலக்குகளின் தூரங்களை மிகத் துல்லியமாக அளக்கலாம். ஆனால் ராடாரை அமைப்



படம் 25.2
விமானத்தில் எடுத்துச் செல்லக்கூடிய ராடாரின் தொகுப்புப் படம்

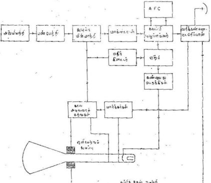
பதற்குத் தேவையான இடமும், அதன் எடையும் முக்கியமாகக் கவனிக்கத் தக்கவையாகும். ராடார் சுமார் 50 மைல்கள் தொலைவு

வரை துருவவேண்டும். மேலும் அருகேயுள்ள சிறு சிறு இலக்குகளை வேறுபடுத்திக் காட்டவேண்டும். படத்தில் 'A' தோற்றமும் 'B' தோற்றமும் காட்டப்பட்டுள்ளன. நடைமுறையில் 'B', 'C' எடுத்துக்காட்டிகளுக்குப் பதிலாக நிலப் படத்தில் இடம் காட்டு முறை, சமயங்களில் கையாளப்படலாம். 'A' 'B' காட்டிகளின் இணைப்பும் 'C' எடுத்துக்காட்டியின் இணைப்பும் சேர்ந்து குறுக்கீடு (inter-ception) வேலைகளுக்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இயக்குபவர் இலக்கைத் தேடி அதை 'B' எடுத்துக்காட்டியில் கொண்டுவருகின்றார். 'B' யை இயக்குபவர் இலக்கை இனம் கண்டு, அதை விமான ஓட்டிக் கருகிலுள்ள எடுத்துக்காட்டிக்குக் கொண்டுவருகின்றார். உடனே விமானம் இலக்கின் திசையை நோக்கித் திருப்பப்படுகின்றது. இந்த அமைப்பில், ஊர்தி அடுக்கத்தை மிகக் கவனமாகத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். ஏனெனில், மிகச் சிறிய ஏரியலைக்கொண்டு தூரத்தை மிகத்துல்லியமாக அளக்கவேண்டும். இங்குக் கையாளப் படும் உச்சத்திறன் 50 கிலோவாட்டுகளாகும். மேலும் துடிப்பு நேரம் 2 மைக்ரோ வினாடிகளாகும். துடிப்பு நேரம் குறைவாக இருப்பதாலும், சிறிய இலக்குகளைக் காணவேண்டியிருப்பதாலும், துடிப்புத் திருப்ப நேரம் அதிகமாக, அதாவது வினாடிக்கு 800 தடவைகளாக உள்ளது. எனவே, ஏரியல் தொடர்ந்து சுற்றும் பொழுது பரப்பியிலிருந்து ஆற்றல் இலக்குகளின்மீது மிக அதிகமாக ஒவ்வொரு சுழற்சியின்போதும் விழுந்து, அதிகமான அளவில் எதிரொளிக்கப்படுகின்றது. இங்கு ஊர்தி அடுக்கம் மைக்ரோ அலைப்பகுதியில் உள்ளதால், ரேடியோ அடுக்க இயற்றி ஒரு மாக்னெட்ரானாகும். இந்த மாக்னெட்ரானை ஓர் அலைவழிப் படுத்தியுடன் இணைத்து, ஏரியலுக்குக் கொடுக்கின்றோம். இதற்கு ஒரு பண்பேற்றி வெளிவரு பகுதியிலிருந்து, ஓரச்சு ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள துடிப்பு மின்மாற்றி வழியே, ஆற்றல் செலுத்தப்படுகிறது. இதில் சைகைக்கும், இரைச்சலுக்கும் உள்ள தகவு சிறியதாக இருப்பதால் ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கம், அவ்வளவாக இருப்பதில்லை. எனவே, ஒரு படிகம், கலப்பியாகவும், கிளைஸ்ட்ரான் உள் அலைவியற்றியாகவும் பயன்படுகிறது. இங்குக் கலப்பி உள் அலைவியற்றி, முதலிரண்டு நடுநிலை அடுக்கப் பெருக்கிகள் ஆகியவை ஏரியலுக்குப் பக்கத்தில் அமைந்துள்ளன.

(3) கடல்வழி ராடார்: (The Sperry marine radar),

இது வியாபாரக் கப்பல்களுக்குப் பயன்படக்கூடிய நவீன ராடாராகும். இதில் நிலப்படத்தில் இடம் காட்டு முறை பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இது 30 மைல்கள் வரையில் துருவிப்

பார்க்கக்கூடியது. இதில் பயன்படும் அலைநீளம் 3·2 செ.மீ. ஆகும். துடிப்பு நேரம் 0·25 மைக்ரோ வினடிகளாகும். துடிப்புத் திருப்ப நேரம் 0·25 மைக்ரோ விநடிகளாகும். துடிப்புத் திருப்ப நேரம் ஏறக்குறைய விநடிக்கு 1,000 தடவைகளாகும். மாக்னெட்ரானின் உச்சத்திறன் ஏறக்குறைய 30 கிலோ வாட்டுகளாகும். இந்த முறையில் இரு பொருள்கள் 2° கோணத்தில் பிரிக்கப்பட்டிருந்தால் அவற்றைத் தனித்தனியே பார்க்கலாம். ஒரே கோணத்திலுள்ள இரு பொருள்கள் சுமார் 80 கெஜ இடைவெளியிருந்தாலும் அவற்றையும் தனித்தனியே பார்க்கலாம்.



படம் 25.3
கடல்வழி ராடாரின் தொகுப்புப் படம்

இந்த ராடாரைப் பயன்படுத்தி மிகக் குறைந்தது 80 கெஜ தூரத்திலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்கலாம். இந்த ராடாரில், ஒரு வரிக்கோட்டு முறையில் பிரிக்கும் பரப்பி, சுழலும் ஏரியல், *T. R.* சுவிட்சு அலைவழிப்படுத்தி, பண்பேற்றி, மாக்னெட்ரான், கலப்பி, ஏற்பி, எடுத்துக்காட்டி, காலவடிச் சுற்றுகள் மின்னழுத்தக்கட்டு (power pack) ஆகியவை உள்ளன. இது விநடிக்கு 60 சுற்றுகளில் 115 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில் ஒரு கிலோ வாட் ஆற்றலில் இயங்குகிறது. *D. C.* மட்டுமேயுள்ள கப்பல்

களில், *D.C.* யை *A.C.* யாக மாற்றுவதற்குரிய கருவியும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்த அமைப்பின் தொகுப்புப் படம், படம் 25.3 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏரியல் அமைப்பில் அலைவழிப்படுத்தியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள பரவளைய எதிரொளிப்பான் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. ஏரியல் ஒரு நிமிடத்திற்கு 15 முறைகள் சுற்றப்படு கின்றது. ஏற்பியில் மேலே கூறப்பட்ட பாகங்கள் அமைந்துள்ளன. ஏற்பியில் இடைநிலை அடுக்கப் பகுதிகளும், இரண்டாவது பகுப் பான் சுற்றும் அமைந்துள்ளன. இவை அருகிலுள்ள பொருள் களிலிருந்து வரும் எதிரொளியைக் குறைக்கவும்; மழை, பனி, கடல் ஆகியவற்றிலிருந்து வரும் ஒளியைக் குறைக்கவும் பயன் படுகின்றன. இந்த அமைப்பின் எடுத்துக்காட்டியில் $10\frac{1}{2}$ அங்குல விட்டமுள்ள திரையுள்ளது. இயக்குபவர் 1, 2, 6, 15 அல்லது 30 மைல்களில் எந்த ஒரு தூரத்திலிலுள்ள இலக்கையும் எளிதில் கண்டுகொள்ளலாம். இதற்கு இதில் ஒரு தனிப்பட்ட அமைப் புள்ளது.

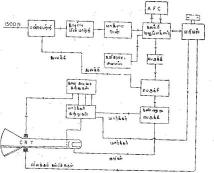
(4) பி. டி. ஹெச் கடல்வழி ராடார் : (The B. T. H. marine radar)

இது *B. T. H.* அமைப்பு *R. M. S.* - 2 என்று அழைக்கப் படுகின்றது. இதில் 6 முக்கியப் பகுதிகள் உள்ளன. அவை யாவன :

(1) வரி முறையில் பிரிக்கும் பகுதி, (2) பரப்பி - ஏற்பிப் பகுதி, (3) ஆற்றல் கட்டுப் பகுதி (*H. T.*), (4) காட்டும் பகுதி, (5) மோட்டார் திசை மாற்றியும், துவக்கப் பகுதியும். ஆருவ தாக ஒரு துணை நிலப்படத்தில் இடம் காட்டும் பகுதியும், சில சமயங்களில் இடம் பெறுகின்றது. இது முக்கிய நிலப்படத்தில் இடம் காட்டும் பகுதியில் கிடைக்கும் செய்தியைத் திரும்பவும் அறிவிக்கின்றது. இதன் ஏரியல் ஒரு புதுவிதமான அமைப்பைக் கொண்டது. இதன் துளை (aperture) $72 \times 4\frac{1}{2}$ அங்குலமுடையது. சாதாரணமாக இது ஒரு கப்பலின் பாய்மரத்தில் அமைக்கப்படக் கூடியது. இங்குப் பயன்படும் அலைநீளம் 3·2 செ.மீ. ஆகும். மாக்னெட்ரான் 40 கிலோவாட் ரேடியோ அடுக்க ஆற்றலைத் துடிப்பு நேரம் 0·25 விநாடிகளில், துடிப்புத் திருப்பம் 1500-ல் அளிக்கின்றது. ஏரியல் நிமிடத்திற்கு 25 சுற்றுகள் சுற்றுகின்றது. காட்டி ஒரு சக்கர அமைப்பில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஐந்து தூரங்கள் முறையே 1·5, 4, 10, 25, 40 கடல் மைல்களில் (nautical miles) கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அண்மையில் வந்துள்ள ராடார்களில், அரைமைல் தூரங்களில் கோல்கள் குறிக்கப்பட்

டுள்ளன. இந்த அமைப்பு ஒரு விநாடிக்கு 1,500 சுற்றுகளில் 80 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தில் இயங்குகின்றது. இது ஒரு D.C. மோட்டாரில் இயங்கும் தூண்டுவகையைச் சேர்ந்த திசைமாற்றி யில் உண்டாக்கப்படுகின்றது. இங்கு உண்டாகும் வெளிவிடு மின்னழுத்தம் ± 0.5 சதவிகிதம் வரையில் மாறுமல் இருக் கின்றது. இங்கு விநாடிக்கு 50 சுற்றுகளில் இயங்கும் ஒரு துணை மின்னழுத்தமும் உள்ளது. இந்த மின்னழுத்தம், கப்பலின் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்தது. (110 வோல்ட் D.C. யில் 78 வோல்ட் *R.M.S.* ம், 220 வோல்ட் D.C. யில் 156 வோல்ட் *R.M.S.*-ம் ஆகும்.) இதிலிருந்து துணை மின்னழுத்தத்தில் 250 வோல்ட் *R.M.S.* வரை கிடைக்கின்றது.

இந்த அமைப்பைப் பயன்படுத்தி 40 கெஜத் தூரத்திலுள்ள பொருள்களேயும் காணலாம். 1,000 டன் எடையுள்ள கப்பலே 14 மைல் தூரத்திலும், இரண்டாவது வகையைச் சார்ந்த மிதவையை (buoy) $4\frac{1}{2}$ மைல் தூரத்திலும், 50 கெஜம் நீளமுள்ள



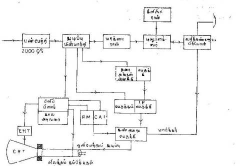
படம் 25.4

பி. டி. ஹெச். கடல்வழி ராடாரின் தொகுப்புப் படம்

மீன் பிடிக்கும் கலங்களே 8 மைல் தூரத்திலும் காணலாம். ஏற்றக் கோண நுட்பம் நிலப்படத்தில் இடம் காட்டும் முறையில் $\frac{1}{2}^{\circ}$ ஆகும். இதனுடைய அமைப்பு படம் 25.4-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(5) கெல்வின் - ஹ்யூஸ் கடல்வழி ராடார் - 2 வது வகை :
The Kelvin - Hughes marine radar - type - 2) :

இந்த வகை ராடார் மிக எளியதும், நம்பத் தகுந்ததுமாகும். இந்த ராடார் சுற்றில், 40 க்கும் குறைவான மின்குழாய்களே பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஓர் உள்ளிட அலையியற்றியின் உதவிகொண்டு *A. F. C.* (Automatic Frequency Control) இதில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இந்த ராடாரில் 5, 10, 15, 25 ஆக நான்கு தூரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இது 9,320-9,500 மெகா சுற்றுகள்/வினாடியில் செயல்படுகின்றது. துடிப்பு நேரம் 0·2 மைக்ரோ வினாடிகளாகவும், துடிப்புத் திருப்பம் வினாடிக்கு 2,000 தடவைகளாகவும் உள்ளன. இதன் உச்சத்திறன் 25 கிலோ வாட்டுகள் ஆகும். இந்தத் திறன் பண்பேற்றியால் கொடுக்கப்



படம் 25.5

கெல்வின்-ஹ்யூஸ் கடல்வழி ராடார்-இரண்டாவது வகையின் தொகுப்புப் படம்

படுகின்றது. இதன் ரேடியோ அடுக்க வெளிவரு அளவாற்றல் ஏறக்குறைய 7 கிலோவாட்டுகள் ஆகும். இது இயங்கக்கூடிய மிகக் குறைந்த தூரம் 40 கெஜங்களாகும். ஒரே கோணத்தில் 40 கெஜ இடைவெளியிலுள்ள வெவ்வேறு இரு பொருள் களையோ ஒரே தூரத்தில் 1·3° கோண வித்தியாசத்திலுள்ள இரு வேறு பொருள்களையோ, தனித்தனியே இதன்மூலம் காணலாம்.

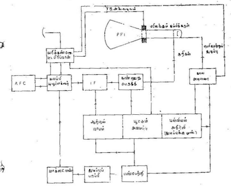
வளிமண்டலத்தின் இயல்பான நிலைகளில் தூரங்களை 100-க்கு 5 பங்கு துல்லியமாகவும், கோணத்தை 1° துல்லியமாகவும் அளக்கலாம். எல்லா ராடார்களிலும் உள்ளதைப்போலவே இதிலும் பல பகுதிகள் உள்ளன. துருவும் ஏரியல் ஏறக்குறைய 5 அடி அகலமும் 4 அங்குல உயரமும் கொண்டு ஒரு பரவளைய அமைப்பிலுள்ளது. இதற்கு ஓர் அலைவழிப்படுத்தி ஆற்றலூட்டு கின்றது. கற்றையின் அகலம் கிடைமட்டத்தில் 1·8°ம் செங் குத்துத் திசையில் 27° யும் ஆகும். இதில் ஒரு பொதுவான *T. R.* சுவிட்சும் உண்டு.

ஒரு மோட்டாரின் உதவிகொண்டு, ஏரியல் ஒரு நிமிடத் திற்கு 28 சுற்றுகள் வீதம் சுற்றப்படுகின்றது. தேவையான 3 கட்ட மின்னோட்டம் ஒரு திசைமாற்றியின் உதவியால் விநாடிக்கு 50 சுற்றுகளில் பெறப்படுகின்றது. இதன் பரப்பியில் வழக்கமான மாக்னெட்ரான், பண்பேற்றி, கிளைஸ்ட்ரான் - அலைவியற்றி ஆகியவை உள்ளன. இதன் காட்டி நிலப்படத்தில் இடம்காட்டி வகையாகும். இதன் தொகுப்புப் படம், படம் 25.5 இல் காட்டப் பட்டுள்ளது. படத்தில் செவ்வகங்கள் முக்கியச் சுற்றுகளைக் குறிப்பிடுகின்றன. ராடாரில் சுற்றுகள் எவ்வாறு உண்மையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதை இந்தச் சிறு நூலில் தர இயலாது.

(6) கோசார் கடல்வழி ராடார்-2 வது வகை (Cossor marine radar-mark II) :

இந்த வகை ராடாரும் வழக்கமான நான்கு முக்கியப் பகுதிகளை உடையது. இதில் நான்கு தூரங்கள், அதாவது 1·2, 3, 12, 30 கடல்வழி மைல்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் எதைவேண்டுமானாலும் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ளலாம். இந்தக் கருவி 9,320—9,500 மெகா சுற்றுகள்/விநாடி (ஏறக் குறைய 3·2 செ.மீ) அடுக்கத்தில் இயங்குகின்றது. மாக்னெட் ரானில் வெளிவரு ஆற்றலின் உச்ச மதிப்பு 22 கிலோ வாட்டு களாகும். துடிப்புத் திருப்ப அடுக்கம் உபயோகத்திலுள்ள தூரத்தைப் பொறுத்துள்ளது. அதாவது, 1·2, 3 கடல்வழி மைல் களில் 1;600 ஆகவும், 12 மைலில் 530 ஆகவும், 30 மைலில் 510 ஆகவும் அமைகின்றது. குறுகிய தூரங்களில் அதாவது 1·2, 3 கடல்வழி மைல்களில் துடிப்புநேரம் 0·2 மைக்ரோ விநாடியாகவும், மற்ற இரண்டில் 0·6 மைக்ரோ விநாடியாகவும் உள்ளது. இதை உபயோகித்து சுமார் 50 கெஜ தூரத்திலுள்ள பொருளைக்கூடக் கண்டுபிடித்து விடலாம். தூரத்தை 100 க்கு 2 பங்கு துல்லியமாகவும், கோணங்களை ஒரு டிகிரி துல்லிய

மாகவும் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இதிலும் ஏரியல் ஒரு நிமிடத்திற்கு 28 சுற்றுகள் வீதம் சுற்றப்படுகின்றது. இதனுடைய



படம் 25.6
கோசார் கடல்வழி ராடார்-2 வது வகையின் தொகுப்புப் படம்

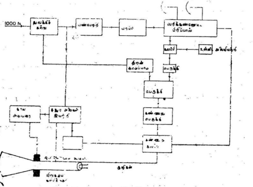
தொகுப்புப்படம், படம் 25.6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது இயங்கும் முறை மற்ற ராடார்களின் இயங்கு முறையை ஒத்தது.

(7) டெக்கா கடல்வழி ராடார்—வகை 12ம், 159ம் (Decca marine radar—Types 12 and 159) :

இந்த ராடார் எளிய முறையிலும் திறமையாக இயங்கவும், கடல்வழிப் பயணத்திற்கு நம்பத் தகுந்த முறையிலும் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. மிக நீண்ட அலைவழிப்படுத்திகளாலும், சுழல் இணைப்புகளாலும், வாயு சுவிட்சுகளாலும் ஏற்படுகின்ற கோளாறுகளை அறவே நீக்குவதற்காக இங்கு *T. R.* சுவிட்சு பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. சைகைகளைப் பரப்புவதற்கும், திரும்பப் பெறுவதற்குமாக இரு தனித்தனியான ஏரியல்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மின் சுற்றுகளில் இணைக்கப்படும் பகுதிகளைக் கவனமாகத் தேர்ந்தெடுத்தும், இணைப்புகளைச் சரிவரச் செய்தும் இந்த முறையில் *A.F.C.* விலக்கப்படுகிறது. மேலும்,

அடுக்கத்தை ராடாரை இயக்குபவர் தம் கைகளாலேயே கட்டுப்படுத்துவதற்கும் வழிமுறைகள் இதில் உள்ளன.

மற்ற ராடார்களைப் போலவே இதுவும் 3 செ.மீ. பட்டையில் இயங்குகின்றது. அதாவது இது இயங்குகின்ற அடுக்கம் 9,345—9,405 மெகா சுற்றுகள்/விநாடியாகும். வகை 159-ல் ஐந்து தூரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவையாவன: ½, 1, 3, 10, 25 கடல்வழி மைல்களாகும். வகை 12-ல் தூரங்கள் 1, 3, 10, 25 மைல்களாகும். குறுகிய தூரங்களில், அதாவது 3 மைல்களுக்குட்பட்ட தூரங்களில் குறுகிய துடிப்புகளை (0·1 மைக்ரோ விநாடி) உபயோகப்படுத்தினால் தூரங்களை மிகத் துல்லியமாக அளக்க முடிகின்றது. மேலும், மிகவும் பொலிவுள்ள படமும் கிடைக்கின்றது. இதைப் பயன்படுத்தி 20-லிருந்து



படம் 25.7

டெக்கா கடல்வழி ராடார்-வகை 12,159 ன் தொகுப்புப் படம்

25 கெஜ தூரத்திலுள்ள பொருள்களைக்கூடக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். மதிப்புகள் 100 க்கு 5 பங்கு துல்லியமாக இருக்கும். மிகத் தொலைவிலுள்ள இலக்குகளை அறிய முற்படும்பொழுது 10, 25 மைல்களில் துடிப்பு நேரத்தை இரு மடங்காக்க வேண்டும். இந்தத் தூரங்கள்—இந்த ராடார் செயற்படும் முறையைப் பொதுவாகக் குறிக்கின்றதேயல்லாமல், இதனால் கண்டு

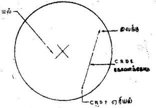
பிடிக்கக்கூடிய இலக்குகளின் தூரம், இலக்குகளின் தன்மையையும், அப்பொழுதுள்ள வெப்ப தட்ப நிலையையும் பொறுத்தே அமையும். இந்த ராடாரின் அமைப்பு, படம் 25.7 ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

எல்லா ராடார்களைப்போலவே, இதிலும் வரிக் கண்ணோட்டத்தில் பிரிப்பான், (scanning), ஏற்பி (receiver), காட்டி (display unit), மின்னழுத்தக்கட்டு (power unit) ஆகிய நான்கு முக்கியப் பகுதிகள் உள்ளன. இதில் ஏரியல்கள் ஒரு நிமிடத்திற்கு 24 சுற்றுகள் வீதம் சுற்றப்படுகின்றன. இந்த ஏரியல்கள் பரவளைய அமைப்பில் 3 அங்குல உயரத்திலும், 4 அடி அகலத்திலும் அமைந்துள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் அதனதன் அலைவழிப்படுத்தி உள்ளது. காட்டியில் நிலப்படத்தில் இடம் காட்டும் முறை கையாளப்படுகிறது. இங்கு இருவித எதிர்மின் கதிர்க் குழாய்கள் உள்ளன. ஒன்று 12 அங்குலமும், மற்றது 5 அங்குலமும் உள்ளது. பிந்தியதின் விட்டம் ஒரு பிளாஸ்டிக் வில்லையினால் 7 அங்குலத்திற்கு உயர்த்தப்படுகின்றது. 12 அங்குலக் குழாய் வகை 12-ஐயும் 5 அங்குல வகை 159-ஐயும் சார்ந்தன. 12 அங்குலத் தோற்ற அமைப்பு 5 அங்குலத் தோற்ற அமைப்பைவிட அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது பெரும்பாலும் பெரிய கப்பல்களிலேயே உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றது. இரண்டு வகைகளிலும் மின்சுற்றுகள் ஏறக்குறைய ஒரே மாதிரியாகவே அமைந்துள்ளன.

(8) கோசார்-விமான நிலைய ஆட்சி ராடார்-வகை 6 (Cossar, air-field controlled radar - mark 6)

இது ஒரு பொது விமான நிலைய ராடாராகும். இதன் முக்கியப்பணி விமான நிலையத்தில் இறங்கும் விமானங்களைக் கண்காணிப்பதாகும். இது ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் அமைக்கப்படக் கூடியதாக இருந்தாலும் இதைப் பகுதிகளாகப் பிரித்து விமானத்தில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்ற இடங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லலாம். மற்ற ராடார்களைவிட இதில் ஒரு மாறுபட்ட அமைப்பும் உள்ளது. அதாவது இதில் ஓர் அசையக்கூடிய இலக்கைக் காட்டுகின்ற அமைப்பு உள்ளது. அதனால் நிலப்படத்தில் இடம் காட்டி முறையில் அசையும் இலக்குகள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. இதனால் விமான நிலையங்களில் விமானங்கள் மிக அண்மையில் பறக்கும்பொழுது அவற்றைத் தெளிவாகக் காட்டியில் பார்க்க முடிகிறது. இதில் வேறொரு முக்கிய அம்சம் என்னவென்றால் நிலப்படத்தில் இடம் காட்டியில் அண்மையிலுள்ள மற்றொரு நிலையத்திலிருந்து எதிர்மின் கதிர்த் திசைக்

காட்டியினுல் கிடைக்கும் விளைவுகளையும் ஒருங்குபடுத்திக் காண லாம். இதை எதிர்மின் கதிர்த் திசைகாட்டி *C. R. D. F.* (Cathode - Ray - Direction - Finder) என்பர். *C. R. D. F.* தோற்றம் நிலப்படத்தில் இடம் காட்டி திரையில் ஒரு நேர்க் கோடாக அமைகின்றது. இந்த நேர்க்கோடு *C. R. D. F.* நிலையத்தி



படம் 25.8
கோசார் விமானநிலைய ஆட்சி ராடாரின் திரை

லிருந்து தொடங்கி, குழாயின் விளிம்பை நோக்கி வெளிப்புறமாகச் செல்லுகின்றது. அப்படிச் செல்லும்பொழுது, எதிரொளிக்கப் பட்ட சைகையைச் சந்திக்கின்றது. இது படம் 25.8 ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இந்தக் கோடு *C. R. D. F.* நிலையத்திலிருந்து வருகின்ற சைகைகளால் உண்டாக்கப்படுகின்றது.

இந்த வகை ராடாரின் திரையில் ஒரு விமான நிலையத்தின் படத்தையும் குறிப்பிடலாம். இந்த ராடாரில் 8, 16, 32, 64 கடல்வழி மைல்களையுடைய மைல்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ராடாரை இயக்குபவர் இவற்றில் எதைவேண்டுமானுலும் எடுத்துக் கொள்ளலாம். இந்தக் கருவி சிறிய விமானங்களை அவை 25 மைலுக்கு அப்பால் வரும்பொழுதே கண்டு கொள்ளும். தூரங் களை, $\frac{1}{4}$ மைல் அல்லது 1/100 பங்கு, இவற்றில் எது பெரியதோ, அவ்வளவு துல்லியமாக அளக்க முடியும். கோணங்களை உண்மை யான மதிப்பிற்கு 1° ஏறத்தாழ அளக்கமுடியும். இரண்டு இலக்குகள் ஒரே தொலைவில் வரும்பொழுது அவை 2° கோணத் தால் பிரிக்கப்பட்டிருந்தாலும் அல்லது அவை ஒரே கோணத்தில் $\frac{1}{4}$ மைல் இடைவெளியில் வந்தாலும் அவற்றை வேறுபடுத்திக் காணமுடியும்.

இதுகாறும் எட்டு வகைப்பட்ட ராடார் அமைப்புகளைப் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறினேம். இந்த வகையில் லிவர்பூல் துறைமுக ராடார் (Liverpool harbour radar), கோசார் கண் காணிப்பு ராடார் *C. R.* 21 வகை ஆகிய இன்னும் பல வகை ராடார்கள் உள்ளன. ஒரு ராடாரின் முழு அமைப்பையும் எடுத்துக்கொண்டால், மிக எளிய வகையிலும் 40க்கு மேற்பட்ட மின்குழாய்களும், அவற்றிற்கு மதிகமான மின்தடை, மின்தேக்கி மின் நிலைமங்களும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இவை அடங்கிய உண்மையான மின்சுற்றை, இச் சிறு நூலின்கண் தர இயலாது. மேலும், ஒரு வகை ராடாருக்கான சுற்றைமட்டும் விவரிப்போமானுல், பக்கங்கள் பெருகும். அத்தகைய நூல் இத்திட்டத்தின் குறிக்கோளுமாகாது. எனவே, அவற்றை விடுத்துப் பொதுவான அமைப்புகள்மட்டும் இப் பகுதியில் சுருக்கமாகக் கூறப்பட்டுள்ளன.

எல்லாவகை ராடார்களுக்கும் பொதுவாக உள்ளவற்றை மீண்டும் வலியுறுத்துவது பயன்தரத்தக்கது. பெரும்பாலான ராடார்களில் ஓர் ஆன்டென்னவே (antenna) பரப்புதலுக்கும், ஏற்புக்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட துடிப்பு வந்து சேருமுன், பரப்பப்பட்ட துடிப்பு முடிவுறுகின்றது. டியூப்ளக்ஸர் (duplexer) அல்லது *T. R.* சுவிட்சு பரப்பியிலிருந்து துடிப்பு வெளியேறும்போது ஏற்பியைப் பழுதடையாமல் பாதுகாக்கின்றது. பரப்பித் துடிப்பு முடிவுற்றதும் டியூப்ளக்ஸர் பரப்பியைத் துண்டித்து ஏற்பியை இணைத்து, சைகையை ஏற்பிக்கு அனுப்புகின்றது.

ஒரு விநாடியில் அனுப்பப்படும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கையைத் துடிப்புத் திருப்ப அடுக்கம் (*P. R. F.*) என்கின்றேம். ஒரு துடிப்பு இயங்கும் நேரம், அதனுடைய துடிப்பு நேரம் அல்லது துடிப்பு அகலம் எனப்படும். பரப்பியிலிருந்து ஒரு துடிப்பு வெளியேறுகின்ற நேரத்திற்கும், அந்தத் துடிப்பு இலக்கினுல் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏற்பியை வந்தடைகின்ற நேரத்திற்குமுள்ள கால இடைவெளி (T விநாடிகள்) $T = \frac{2R}{C}$ என்ற சமன்பாட்டினுல் பெறப்படுகின்றது. இங்கு C என்பது, மின்காந்த அலைகள் ஒரு விநாடியில் செல்லும் தூரத்தைக் குறிக்கும்; அதாவது 1,86,000 மைல்கள் / விநாடியைக் குறிக்கும். R என்பது ராடாருக்கும் இலக்கிற்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தைக் குறிக்கும். ராடாரில் துடிப்புத் திருப்ப அடுக்கம் இசைவுப் பொருத்தியால் அமைக்கப்படுகின்றது. இந்த இசைவுப் பொருத்திதான் மேற்

கோள் சைகைகளைப் (reference signals) பல்வேறு வகைப்பட்ட காட்டிகளுக்குக் கொடுக்கின்றது. அப்படிக்கொடுத்து, பண் பேற்றும் சுற்றுகளைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது. இந்தப் பண்பேற்றி தான் துடிப்பு வடிவில் பரப்பியின் வெளிவரு குழாய்க்கு ஆற்றலை அனுப்புகின்றது. இந்தப் பரப்பியின் வெளிவரு குழாய்தான் ஊர்தி அடுக்கங்களை ஆன்டென்னுவிற்குக் கொடுக்கின்றது.

இலக்கிலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும் சைகை ஒரு கலப்பி, முதல் பகுப்பான் (first detector) ஆகியவற்றிற்கு உள்ளிட அலை வியற்றியுடன் கலக்கிப் பிரித்தலுக்காக, அளிக்கப்படுகின்றது. இது ஊர்தி அடுக்கத்தை வெகுவாகக் குறைக்கின்றது. அதாவது ஊர்தி அடுக்கம், இடைநிலையடுக்க அளவிற்குக் குறைக்கப்படு கின்றது. ஏனெனில், இந்த இடைநிலை அடுக்கத்தைத்தான் எளிதில் பெருக்கமுடியும். இந்த இடைநிலையடுக்கம் 15 முதல் 90 மெகா சுற்றுகள்/விநாடி வரையில் அமைந்துள்ளது. ஆனால், 30 முதல் 60 மெகா சுற்றுகள்/விநாடிவரையுள்ள சுற்றுகள் உசித மானவை. இப்படி அடுக்கங்களை மாற்றுவதால், துடிப்புகளின் உருவம் பாதிக்கப்படுவதில்லை. உள்ளிட அலைவியற்றி ஒரு கிளைஸ்ட்ரான் மின்குழாயையோ அல்லது வெகு உயரடுக்க டிரயோடு மின்குழாயையோ பயன்படுத்துகின்றது. இது ராடார் பயன்படுத்துகின்ற அடுக்கப் பட்டையைப் பொறுத்தது. கலப்பி யின் வெளிவரு பகுதி இடைநிலையடுக்கப் பெருக்கிக்குக் கொடுக் கப்படுகின்றது. அப்பொழுது சைகையின் மதிப்பு சுமார் 70 பங்கி லிருந்து 120 பங்குகள்வரை பெருக்கப்படுகின்றது. இந்த இடை நிலை அடுக்கப்பெருக்கி, இரண்டாவது பகுப்பானுடன் இணைக் கப்படுகின்றது. இதனால் கிடைக்கும் கண்ணுறு (video) துடிப்புகள், கண்ணுறு பெருக்கிகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன. இதனால் சைகை மேலும் பெருக்கமடைந்து காட்டிகளில் இலக் கைப் புலப்படுத்துகின்றது.

எதிரொளிக்கப்பட்ட சைகையின் வலுவைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு விளக்குகின்றது.

$$W_R = W_T \frac{G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$, இதற்கு ராடார் சமன்பாடு என்று பெயர். இங்கு,

W_R — எதிரொளிக்கப்பட்ட ஆற்றல்.

W_T — பரப்பப்பட்ட ஆற்றல்.

G — ஆன்டென்னு இலாபம்.

λ — ராடாரின் ஊர்தி அலை நீளம்.

σ — இலக்கின் ராடார் குறுக்களவு.

R — ராடாரிலிருந்து இலக்கிற்கு உள்ள தூரம்.

ராடாரின் ஊர்தி அடுக்கங்கள் 2வது உலகப்போரில் கொடுக்கப்பட்ட இரகசியப் பெயர்களால் இன்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. அடுக்கமாலை, பலபட்டைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அவற்றின் மைய அடுக்கமும் அலை நீளமும் கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பட்டை	மைய அடக்கம்	அலை நீளம்
பி (P)	300 மெகா சுற்றுகள்	1 மீட்டர்
எல் (L)	900 ,,	33 செ. மீ.
எஸ் (S)	3,000 ,,	10 ,,
ஸி (C)	5,000 ,,	6 ,,
எக்ஸ் (X)	10,000 ,,	3 ,,
கே (K)	20,000 ,,	1·5 ,,
க்யூ (Q)	40,000 ,,	0·75 ,,

ராடார் அலைகள் பரவுதல், மின்காந்த அலைகள் பரவும் விதிகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. ராடார் அலைகள் மிகக் குறுகிய அலைநீளங்களையுடையவாக இருப்பதால் அவற்றில் பல வேறு விளைவுகள் நிகழ்கின்றன. பொதுவாக ராடார் அலைகள் அடிவானம் வரையிலேயே செல்லும். ஏனெனில் அயனமண்டலம், ராடார் அலைகளை எதிரொளிப்பதில்லை. ராடார் அடிவானம், ஒளி அடிவானத்தைவிட அதிக தூரத்திலுள்ளது. ஏனெனில் வெப்பத்திலும், நீர்த்திவலைகளாலும் ட்ரோப்போஸ்பியரின் மின்கடத்தாப்பொருள், மாறிலி உயரம் அதிகமாக, அதிகமாகக் குறைகின்றது. எனவே, ராடார் அலைகள் கீழ்நோக்கி முறிவடைகின்றன. பூமி தன்னுடைய ஆரத்தில் $\frac{1}{3}$ பங்கு கொண்டிருந்தால் என்ன ஒளி அடிவானமிருக்குமோ, அதே தூரமே ராடார்

அடிவானம் அமைந்துள்ளது. ராடார் தூரம் உயரத்திலுள்ள இலக்குகளுக்கு $R_{\text{உச்சம்}} = \sqrt{2h_1 \text{ (அடி)}} + \sqrt{2h_2 \text{ (அடி)}}$. இங்கு $R_{\text{உச்சம்}}$ என்பது, ராடார் தூரத்தின் எல்லை (மைல்களில்); h_1 என்பது ராடார் ஆன்டென்னுவின் உயரமும், h_2 என்பது இலக்கின் உயரமும் (அடிகளில்) ஆகும். ஆனுல், சில சமயங்களில் நிகழும் ஒளி முறிதல் (supper-refraction) இந்த எல்லையை வெகுவாக அதிகரிக்கின்றது.

விஞக்கள்

1. பல தரப்பட்ட ராடார் அமைப்புகளைத் தொகுத்துக் கூறுக.

2. வெகு தூரத்திலுள்ள இலக்குகளை அறிவதற்கான பொது எச்சரிக்கை அமைப்புப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?

3. தரையிலுள்ள இலக்குகளை அறிவதற்கு விமானத்தில் எடுத்துச் செல்லப்படக் கூடிய ராடார் அமைப்பைத் தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்குக.

4. கடல்வழி ராடாரை ஒரு தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்குக.

5. பி. டி. ஹெச். கடல்வழி ராடாரைப்பற்றி ஒரு தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்கு.

6. கெல்வின் – ஹ்யூஸ் கடல்வழி ராடாரை ஒரு தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்குக.

7. கோசார் கடல்வகு ராடாரை ஒரு தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்குக.

8. டெகா கடல்வழி ராடார்—12, 159 வகை—இதைத் தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்குக.

9. கோசார் விமானநிலைய ஆட்சி ராடார் அமைப்பைத் தொகுப்புப் படத்துடன் விளக்குக.

10. ஒரு ராடார் இயங்கும் வகையை முழுமையாகத் தொகுத்துக் கூறுக.

11. ராடாரில் பயன்படும் அடுக்கங்களைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?

12. சிறு குறிப்புத் தருக :

(a) ராடாரில் இடங்காட்டி.

(b) மேற்கோள் சைகைகள்.

(c) கண்காணிப்பு ராடார்.

(d) வரிக்கண்ணோட்ட முறையில் பிரித்தல்.

(e) ராடார் தூரம்.

26. ராடாரின் போர்க்காலப் பணி

(Uses of Radar in War)

'போர், புதிய கண்டுபிடிப்புகளின் தாய்' என்று ஆங்கிலத்தில் ஒரு பழமொழியுண்டு. இரண்டாவது உலகப் போரின் விளைவாகத்தான் ராடார் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுப் பெருமளவு வளர்ச்சியடைந்தது என முதல் அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். உலகையே தன் குடைக் கீழ்க் கொண்டுவரவேண்டுமென விரும்பிய ஹிட்லரின் விமானப்படை மிகப் பெரியதாகவும் எண்ணற்ற நவீன விமானங்களை யுடையதாகவு மிருந்தது. அந்த விமானங்களைக் கண்டு மற்ற நாடுகளெல்லாம் அஞ்சின. அவற்றின் பயங்கரத் தாக்குதல்களுக்கு ஈடுகொடுப்பதென்பதோ, அவற்றின் மின்னல் வேகத் தாக்குதல்களினால் ஏற்படும் அழிவுகளைச் சமாளிப்பதோ எளிதான காரியமாக இல்லை. எனவே, அந்த விமானங்கள் தம் நாட்டை நோக்கி வருவதை முன்கூட்டியே உணரவேண்டும் என்று நேச நாட்டுத் தலைவர்களெல்லாம் பெரிதும் உணர்ந்தனர். எனவே, சர் ராபர்ட் வாட்சன் வாட் என்பவரை ராடாரை உருவாக்கும்படி கேட்டுக் கொண்டனர் எனத் தொடக்கத்திலேயே பார்த்தோம். இலண்டனில் அறிவியல் ஆய்வுக் கூடத்தில் பணியாற்றிவந்த சர் ராபர்ட் வாட்சன் வாட்டும், அதை ஒரு சவாலாக ஏற்று அல்லும் பகலும் ஆராய்ச்சிகள் புரிந்து சிறந்த சாதனையை ஏற்படுத்தினர்.

இந்த ஆராய்ச்சிகளின் பலனாக 1936ஆம் ஆண்டிலேயே இலண்டன் மாநகரையும் தேம்ஸ் நதியின் கழிமுகத்தையும் ஜெர்மானியர் தாக்குதலிலிருந்து காப்பதற்காக 5 பெரிய ராடார் நிலையங்கள் ஒன்றுக்கொன்று 25 மைல் தொலைவில் அமைக்கப்பட்டன. பிறகு இரண்டாம் உலகப் போரின் தொடக்கத்தில் இங்கிலாந்தின் கிழக்கு, தெற்குக் கடற்கரை முழுவதிலும் ஸ்காட்லாந்து நாட்டிலும் ராடார் நிலையங்கள் பெருமளவில் ஏற்படுத்தப்பட்டன. இவை ஆங்கில நாட்டின் பாதுகாப்பிற்காக ஒரு

சங்கிலித் தொடர்போல் அமைக்கப்பட்டதால் இவற்றிற்குச் செயின் ஹோம் ராடார்கள் (chain home radars – C. H. Radars) எனப் பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. இவற்றில் 6 லிருந்து 15 மீட்டர்கள் வரையிலான நீளமுடைய மின்காந்த அலைகள் பயன் படுத்தப்பட்டன. இவற்றின் பரப்பியில் ஓர் ஏரியலையும் ஏற்பியில் மற்றோர் ஏரியலையும் பயன்படுத்தினர். பரப்பியிலிருந்த ஏரியல் கள் 360 அடி உயரமுள்ள கோபுரங்களிலும், ஏற்பியின் ஏரியல் கள் 240 அடி உயரமுள்ள கோபுரங்களிலும் அமைக்கப்பட்டன. இவற்றின் உதவியால் 140 மைல் தொலைவில்வரும் விமானங் களையும் அவை 15,000 அடி உயரத்தில் பறந்தபோதிலும் கண்டுகொள்ள முடிந்தது. மேற்கண்ட அமைப்பில் மிக நீளமான மின்காந்த அலைகளும் மிகப் பெரிய ஏரியல்களும் பயன்படுத்தப் பட்டன. மேலும், அவை உயர்ந்த கோபுரங்களின்மீதே அமைக் கப்பட்டன. அவற்றைக்கொண்டு வெகு அதிக உயரத்தில் பறந்து வந்த விமானங்களைக் கண்டுகொள்ள முடிந்ததேயன்றித் தாழ்வாகப் பறந்து வந்த விமானங்களைக் கண்டுகொள்ள முடிய வில்லை. எனவே, ஜெர்மானியர் தங்கள் போர் விமானங்களைத் தாழ்வாகவே அனுப்பி இங்கிலாந்தை அழிக்க முயற்சி செய்து ஓரளவு வெற்றியும் கண்டபோது மேலே சொல்லப்பட்ட அமைப்பு கள் பயனற்றவையாகிவிட்டன. ஆகவே, ஆங்கில நாட்டு விஞ்ஞானிகள் தங்கள் ராடார்பற்றிய ஆராய்ச்சிகளை மேலும் தொடர்ந்து சிற்றலைகளைப் பயன்படுத்தும் விதத்தைக் கண்டறிந் தனர். மூன்று மீட்டர் நீளமுடைய அலைகளைப் பயன்படுத்தி மிகத் துல்லியமான ராடார் சங்கிலி யொன்றை அமைத்தனர். இதற்கு செயின்ஹோம் – லோ அமைப்பு (chain home-low system) என்று பெயர்.

மேலே சொல்லப்பட்ட இரு அமைப்புகளிலும் நாம் தொடக் கத்தில் விவரித்த முறையிலேயே, அதாவது எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் ஒளிர் திரையில் எதிரொளிச் செய்கையால் செங்குத் தான கொக்கி தோன்றும் முறையே கையாளப்பட்டது. ஆனால், நிலப்படத்தில் இடம்காட்டி (plan position indicator) முறை கண்டு பிடிக்கப்பட்ட பின்னர் இந்த முறையே கையாளப்பட்டது. அதனால், வானவெளியின் எந்தத் திசையிலுமிருந்து வந்த விமானங்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அவற்றை நோக்கி விரைந்து சென்று தாக்கி அழிக்கும்படி நேசநாட்டு விமானங் களுக்கு ஆணைகள் பிறப்பிக்கப்பட்டன. அவையும் அவ் வாணை களின்படியே சென்று அவற்றின்மீது பொருத்தப்பட்டிருந்த ராடார் சாதனங்களால் எதிரி விமானங்களை இனம் கண்டு, அவற் றைக் குறிதவருமல் சுட்டு நிர்மூலமாக்கின. இவ்வாறு மின்னல்

தாக்குதலால் இங்கிலாந்தை அழிக்கவேண்டும் என்று எண்ணிய ஜெர்மானிய விமானிகள் தங்கள் எண்ணம் ஈடேருது அழிந்து பட்டனர். தரையிலமைக்கப்பட்ட ராடார்களைக் கொண்டும், ராடார் கருவி பொருத்தப்பட்ட ஏறத்தாழ நூறு சிறிய விமானங் களைக் கொண்டும் இரவிலும் பகலிலும் பனியிலும் மறைந்தும் எதிர்பாராது தாக்கவும் முனைந்த ஜெர்மானிய விமானங் களைச் சுட்டு வீழ்த்தினர். ஜெர்மானியர்கள் அழிந்தனர்; இங்கி லாந்து காக்கப்பட்டது.

ராடாரின் போர்க்காலப்பணிகளை விளக்கிட இரண்டாம் உலகப்போர் மிகுந்த அளவு சான்றுகளைத் தருகின்றது. இந்தப் போர் தரை, கடல், ஆகாயம் ஆகிய மூன்று இடங்களிலும் நடை பெற்றது. இந்தப் போரின்பொழுது அட்லாண்டிக் கடலில் நிகழ்ந்த போரிலும் ராடாரின் சாதனைகள் மிகச்சிறந்தவை. ஜெர் மானியர்கள் விமானப்படையில் முன்னேறியது மட்டுமின்றிக் கடற்படையில் பல நூற்ருண்டுகளாக முன்னேடியாக விளங்கிய இங்கிலாந்து நாட்டின் கடற்படைக்கும் ஈடுகொடுக்க முனைந்தனர். அதன் ஒரு பகுதியாக ஆற்றல் மிக்க நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைக் கட்டினர். அவர்களின் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் பகல் முழுதும் கடலினுள் அமிழ்ந்து கிடக்கும். இரவில் மேற்பரப்பிற்கு வந்து, நேசநாடுகளின் கப்பல்களைத் திடீரெனத் தாக்கி மூழ்கடிக்கும். இந்த விதமான பயங்கரத் தாக்குதல்களிலிருந்து நேசநாட்டுக் கப்பல்களைக் காப்பாற்ற ராடார்தான் உதவியது. ராடார் கருவி யில் ஒளி மிக்க துருவு விளக்குகள் (search-lights) பொருத்தப் பட்டன. ராடார் நீர் மூழ்கிக் கப்பலைக் கண்டுபிடித்தவுடனேயே இந்த விளக்கு அத் திசையில் ஆற்றல் மிக்க ஒளியைப் பாய்ச்சும். உடனே அந்த நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் கடலினுள் மூழ்கிவிடும். இதனால் அவற்றின் செயல் சிறிது காலம் தடைப்பட்டு இருந்தது. விரைவிலேயே ஜெர்மானியர் இதற்கு ஒரு மாற்றுவழி கண்டு பிடித்துவிட்டனர்.

தங்கள் நீர்மூழ்கிக் கப்பலில் ஜெர்மானியர் ஒரு ரேடியோ ஏற்பியை (radio receiver) நிறுவினர். விமானத்தின் ராடாரிலி ருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளை ஏற்பதற்குத் தகுந்தவாறு இந்த ஏற்பியை இசைவித்து நாட்டு நேச விமானத்தைக் கண்டுகொண் டனர். உடனே தங்கள் நீர்மூழ்கிக் கப்பலைக் கடலினுள் செலுத்தி மறைத்தனர். இதனை அறிந்த ஆங்கிலேயர் மிகக் குறுகிய நீள முள்ள அலைகளை அதாவது மைக்ரோ அலைகளைப் பயன்படுத்தினர். ஆங்கிலேயர்கள் மைக்ரோ அலைகளைப் பயன்படுத்த ஆரம்பித் ததை ஜெர்மானியர் உணராமல் வந்ததால் ஆங்கிலேயரின் விமானங்கள் வருவதனை அறிந்து கொள்ளமுடியவில்லை. எனவே,

தம்மைத் தேடிவரும் ஆபத்தை யறியாமல் ஜெர்மானிய நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் அச்சமின்றிக் கடலில் திரிந்தன. ஆங்கிலேய விமானங்களின் தாக்குதலுக்குட்பட்டு அழிந்தன.

எந்த ஒரு வினைவிற்கும் மாற்று வினைவு உண்டு என்பதைப் போல ஜெர்மானியர்கள் இந்த ஆபத்திலிருந்து தப்பவும், வேறொரு வழியைக் கண்டுபிடித்தனர். சாதாரண நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் கடலுக்குள்ளேயே எப்போதும் இருக்கமுடியாது. காற்று நிரப்புவதற்காக வேண்டியாகிலும் நீர்ப்பரப்பிற்கு வந்துதான் ஆக வேண்டும். அப்போது அவை அழிக்கப்படலாம். எனவே, எப்போதும் நீருக்குள்ளேயே இருக்கக்கூடிய நீர்மூழ்கிக் கப்பலை அமைத்தனர். இதில் ஷ்நார்கெல் (schnorkel) என்ற ஒரு கருவி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது ஒரு செங்குத்தான குழாய் வடிவில் அமைந்திருக்கும். இது நீர்ப்பரப்பிற்கு மேலே நீட்டிக் கொண்டிருக்குமாதலால் இதன் வழியே காற்று உட்செல்லும். இயந்திரங்களின் கழிவு வாயுக்கள் நீரின் மேற்பரப்பில் வெளியேற்றப்படும். இதன் மேற்பரப்பு ஒரு சதுர மீட்டருக்குக் குறைவாகவும் நீர்ப்பரப்பிற்கு மேலே ஏறக்குறைய மூன்று அடியே நீட்டிக்கொண்டிருக்குமாதலாலும் ராடாரால் இதைக் கண்டு பிடிக்க முடியாது. இது ஆங்கிலேயருக்குப் பெரிய பிரச்சினையாக இருந்தது. எனவே, ஆங்கிலேயர்கள் விரைவில் 3 செ.மீ. அலைகளைப் பயன்படுத்தும் ராடாரைக் கண்டுபிடித்துவிட்டனர். இந்த ராடார் ஜெர்மானிய நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைக் கண்டுபிடித்து அழித்து விட்டது. இவ்வாறு கடற்போரிலும் ஆங்கிலேயர்கள் கையே ஓங்கி நின்றது.

ராடாரைக் கொண்டு வானத்தையும், கடற்பரப்பையும் துருவி விமானங்களையும், கப்பல்களையும் கண்டுகொள்ளலாம் என்று கூறினோம். சில சமயங்களில் நம் விமானங்களும் அல்லது நம் கப்பல்களும் நம்மை நோக்கி வரலாம். அவை நம் விமானங்களா அல்லது எதிரி விமானங்களா என்பதை இதுகாறும் கூறிய ராடார் காட்ட முடியாது. இதற்கென ஒரு புதிய கண்டுபிடிப்பு கையாளப்பட்டது. அதற்கு ஐ. எஃப், எஃப் (I. F. F.) என்று பெயர். இது 'நண்பனா? எதிரியா என அடையாளம் காட்டி' என்று பொருள்படும் (indentification, friend or foe) என்பதன் சுருக்கம் ஆகும். இந்த அமைப்பில் நம் விமானங்களில் ஒரு கருவி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட அலை வரிசையில் வேலை செய்யும்; தம்முடைய ராடாரின் சைகைகள் இதன்மீது பட்டவுடன் புதிய அலைகள் தோற்றுவிக்கப்படும். இந்த அலைகளும், இலக்கினுல் எதிரொலிக்கப்பட்டுவரும் அலைகளுடன்

சேர்ந்து கொள்ளும். இதன் காரணமாக ராடார்த் திரையில் எதிரொளியைக் காட்டும் கொக்கிக்கு அருகே வேறொரு கொக்கியும் தோன்றும். இதிலிருந்து நம்மை நோக்கி வரும் விமானம் நம் நாட்டு விமானம் என்று தெரிந்து கொள்ளலாம். ஒரு ராடார் நிலையத்திலிருந்து அனுப்பப்படும் அலைத் துடிப்புகள் வினாக்கள் போலவும் அவற்றை ஏற்று விடையிறுப்பதுபோல் வேறு ரேடியோ அலைத் துடிப்புகளை அனுப்புகின்ற அமைப்பும் அமைகின்றன. இத்தகைய அமைப்பிற்கு ராடார் பேக்கன் (radar beacon) என்று பெயர். இவ்வாறு ராடார் பேக்கன்களைப் பயன்படுத்தி விமானங்களை இனம் கண்டுகொள்ளலாம். ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட விமானத்தையும் ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிலேயே வேறு அலைகளைத் தோற்றுவித்து அனுப்பும்படி செய்து, அவற்றை ராடார் நிலையத்தில் பகுத்துப் பார்த்து, அவை எந்த விமானத்திலிருந்து வருகின்றன என்பதையும் தெரிந்துகொள்ளலாம். ராடார் கருவியைக் கொண்டு வானவெளியில் பறக்கின்ற ஓர் எதிரி விமானத்தையும் பிறிதோர் இடத்தில் பறக்கின்ற நம் விமானத்தையும் கண்டுகொண்டுவிட்டால், ரேடியோ தொலைபேசி வாயிலாக நம் விமானியோடு தொடர்பு கொண்டு எதிரி விமானத்தைப்பற்றிக் கூறி அதனைத் தாக்கும்படி ஆணையிடலாம். (போர் நடந்துகொண்டிருக்கும்பொழுது எதிரி நாட்டின் ஒருகுறிப்பிட்ட இடத்தில் குறி தவருமல் குண்டு வீசவும் ராடார் பயன்படுகின்றது) இத்தகைய ஒன்று ஓபோ (oboe) என்பதாகும். இதற்கு முதலில் நம் நாட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளியுள்ள இரண்டு இடங்களில் இரண்டு ராடார் நிலையங்களை அமைக்க வேண்டும். இவ்விரு இடங்களிலிருந்து நாம் தாக்கவேண்டிய இலக்கின் தூரத்தினை மிகத் துல்லியமாகக் கண்டுபிடித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதன் பின் நம்முடைய போர் விமானத்தில் ஒரு ராடார் பேக்கனைப் பொருத்த வேண்டும். இரு நிலையங்களிலிருந்தும் சைகைகளை யனுப்பித் தாக்கச் செல்லும் போர் விமானத்தைச் சரியாக வழிகாட்டி இலக்கினை நோக்கி அழைத்துச் செல்லவேண்டும். குறிப்பிட்ட இடம் வந்தவுடன் ஆணைகளைப் பிறப்பித்துக் குண்டுகளை வீசச் செய்ய வேண்டும். இந்த முறையைப் பயன்படுத்தியே 1942-43ஆம் ஆண்டுகளில் ரூர் (Ruhr) போரில் வெற்றிகண்டனர்.

ஓபோ அமைப்பில், தரையிலுள்ள இரு ராடார் நிலையங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஒரு விமானத்திற்குத்தான் வழி காட்டமுடியும். இதனை மாற்றி *H* என்ற வேறோர் அமைப்பை அமைத்தனர். ஓபோவில் தரை நிலையங்கள் கட்டளைகளை அனுப்புகின்றன. விமானி அவற்றின்படி விமானத்தைச் செலுத்த வேண்டும். ஆனால், *H* அமைப்பில் தரை நிலையங்களில் ராடார்

பேக்கன்களும், விமானத்தில் ராடாரும் இருக்கும். விமானி இரு நிலையங்களுக்கும் ரேடியோ அலைகளை அனுப்புகிறான். அதாவது விமானி கேள்வி கேட்கிறான், தரை நிலையங்கள் பதில் அனுப்புகின்றன. நிலையங்கள் கொடுக்கும் பதில்களிலிருந்து விமானி தன் இருப்பிடத்தையும் தான் செல்லவேண்டிய இலக்கின் தூரத்தையும், திசையையும் அறிந்துகொள்கிறான். விமானி விரும்பினால் வேறு இலக்குகளையும் தாக்கமுடியும். மேலும், ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விமானங்கள் தரையிலுள்ள இரு நிலையங்களைப் பயன்படுத்தித் தமது இருப்பிடத்தைப் புரிந்து கொள்வ தோடல்லாமல் பல்வேறு எதிரிகளைத் தாக்க முடியும். இவை இந்த H அமைப்பின் சிறப்புகளாகும்.

போர் நடக்கும்போது ராடார் பொருத்தப்பட்ட கப்பல்கள் அல்லது போர் விமானங்கள் எதிரிகளின் விமானங்களையோ, கப்பல்களையோ கண்டுகொண்டவுடன் அவற்றை நோக்கிக் குண்டுகளை வீசவேண்டும். இதற்கு விமானம் தாக்கும் பீரங்கி களைப் (anti air craft guns) பயன்படுத்துகின்றனர். ராடார் எதிரி விமானத்தைக் கண்டுபிடித்தவுடன் ஒரு மின்சுற்றின் துணையால் பீரங்கி அந்த எதிரி விமானத்தை நோக்கித் தானாகவே திரும்பும். விமான பீரங்கியால் சுடப்படக்கூடிய தூரத் திற்குள் வந்தவுடன் அதைப் பீரங்கி தானே சுடும். குண்டுகள் பீரங்கியிலிருந்து வீசி எறியப்பட்டதிலிருந்து எத்தனை வினாடிகள் கழித்து வெடிக்கவேண்டும் என்பதை ராடார் உருகுக் கம்பியின் (radar proximity fuse) துணைகொண்டு கணக்கிட்டு அனுப்பு வார்கள். இந்த உருகுக் கம்பி அளவில் மிகமிகச் சிறியது. இந்த உருகுக் கம்பியே ஒரு சிறிய ராடாராகத் தொழிற்படு கின்றது. இது குண்டின் தலையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குண்டு இலக்கை நோக்கிச் செல்லும்பொழுது இந்தச் சிறு ராடார் அலைத்துடிப்புகளை அனுப்பும், அவை இலக்கின்மீது பட்டு எதி ரொளிக்கப்பட்டு வரும். இப்படி எதிரொளிக்கப்பட்டுவரும் சைகை களின் வலுவானது இலக்கின் தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கும். இலக்கின் குறிப்பிட்ட சிறு தூரத்திற்குள் செல்லும்பொழுது இந்த எதிரொளிக்கப்பட்ட சைகையின் வலு மிகுந்திருக்கும். இதனால் ஒரு தைரட்ரான் சுற்று துவக்கப்பட்டு உருகுக் கம்பிவழியே அதிக மின்னோட்டம் பாயும். எனவே, கம்பி உருகி, குண்டினை வெடிக்கச் செய்யும் சுற்றினைத் துவக்கி, குண்டுகள் வெடிக்கும். இந்த அமைப்பின் துணையால்தான் ஆங்கிலேயர்கள் ஜெர்மனியர் களின் பறக்கும் V_1 ராக்கெட்டுகளை அழித்தனர்.

எதிரியின் நாட்டில் வான்குடை மிதவைகள் (parachutes) வழியாக வீரர்களை இறக்கவும், ராடார் பயன்படுத்தப்பட்டது.

முதலில் ஒரு சிறுவழி காணும் படை இதற்கென அனுப்பப்படும். அந்தப் படை தன்னுடன் ஒரு ராடார் பேக்கனை எடுத்துச் செல்லும்; எதிரி நாட்டில் பாதுகாப்பான இடத்தைக் கண்டு பிடித்தவுடன் அங்கே முகாமிடும். இப்போது முக்கியப் படையை (main body) ஏற்றிச் செல்லும் விமானம் தன்னிடம் உள்ள ராடார் கருவியால் ரேடியோ அலைகளை அனுப்பி பேக்கன் உள்ள இடத்தை அறிந்துகொண்டு அதன் விடைபெற்று அங்கே வீரர்களை வான்குடை மிதவைகள் வழியாக இறக்கும். இம்மாதிரி யான அமைப்பிற்கு ரெபெக்கா-உரேக்கா (rebecca-eureka) எனப் பெயர் கொடுத்திருக்கின்றனர். தரையிலுள்ள ராடார் பேக்கனை உரேக்கா எனவும், விமானத்திலிருந்து கேள்வி கேட்கும் ராடார் பேக்கனை ரெபெக்கா எனவும் அழைக்கின்றனர். இதனால் வான்குடைப் படைகள் (para troops) மிகக் குறுகிய காலத்தில் எவ்வித ஆபத்துமின்றித் தம் இலக்கினை நோக்கிச் செல்லமுடிந்தது. இரண்டாம் உலகப்போரில் பர்மா, சிசிலி, நார் மண்டி, இத்தாலி, தென்ஃபிரான்ஸ், வட ஆப்பிரிக்கா முதலிய இடங்களில் நடந்த சண்டைகளில் இம் முறை பயன்படுத்தப் பட்டது. இந்த அமைப்பைக்கொண்டு கொரில்லாப் படைகளை அழைத்துச் செல்லவும் அவற்றுக்குத் தேவையான ஊண், உடை, போர்க் கருவிகள் ஆகியவற்றைக் கொடுக்கவும் முடிந்தது.

போர்க் காலத்தில் எதிரியின் விமானங்களையும் கப்பல்களையும் ராடாரின் துணைகொண்டு நாம் கண்டுகொள்வதுபோல நம் முடைய விமானங்களும் கப்பல்களும் எதிரிகளைத் தாக்கச்செல்லும் பொழுது அவற்றை நம் எதிரி கண்டுகொள்ளலாமல்லவா? இத் தகைய ஆபத்துகளிலிருந்தும் நாம் நம்மைக் காத்துக்கொள்ள வேண்டும். இதற்கும் ஒரு வழி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பகைவன் பயன்படுத்தும் ரேடியோ அலைகளின் அடுக்கத்தைக் கண்டு கொண்டு அதே அலைகளை நாம் நமது கப்பலிலிருந்தும் விமானங் களிலிருந்தும் பரப்பினால் அவை நம்மீது பட்டுச் செல்லும் எதிரொளிச் சைகைகளுடன் கலந்து எதிரியின் ராடார் திரையில் குழப்பம் விளைவிக்கும். தொடக்கத்தில் இந்த முறையைக் கையாண்டு ஜெர்மானியர்கள் ஆங்கிலேயர்களைக் குழப்பமடையச் செய்தனர். ஆனால், ஆங்கிலேயர்கள் இந்தத் தொல்லையையும் பிறகு வெற்றிகொண்டுவிட்டனர். ராடார் கருவியைப் பிறிதொரு எளிதான முறையாலும் ஏமாற்றலாம். எதிரி நாட்டில் பறக்கும் விமானத்திலிருந்து எண்ணற்ற மெல்லிய உலோகத் தகடுகளைக் கீழே வீசினால் அவை ராடார் சைகைகளை எதிரொளிக்கும். எனவே, ராடார் திரையில் எண்ணற்ற உருவங்கள் தோன்றும். இவற்றினிடையே விமானத்தை இனம் கண்டுகொள்ளமுடியாது.

இதுகாறும் போரில் ராடார் ஆற்றக்கூடிய பெரும் பணிகளைச் சுருக்கமாகக் கண்டோம். நேரிடையாக எதிரியை அழிக்காவிட்டாலும், எதிரியின் அழிவிற்கு முக்கிய காரணமாவது ராடார் என்பது எல்லா நாட்டவரும் ஒப்புக்கொண்ட ஒன்றே. அறிவியலில் மிகப் பெரிய கண்டுபிடிப்புகளில் ஒன்றானதும், ஹிரோஷிமா, நாகசாகி ஆகிய ஜப்பானிய நகரங்களில் அளவற்ற சேதங்களை உண்டுபண்ணியதுமான அணுகுண்டு இரண்டாவது உலகப்போரை ஒரு முடிவுக்குக் கொண்டுவந்ததாலும், போர் நடந்த ஆறு அல்லது ஏழாண்டுகளில் நேச நாடுகள் ராடாரின் வளர்ச்சியில் ஊக்கங்காட்டி அதை மிகச் சரியாகப் பயன்படுத்தியதால் தான் நேசநாடுகள் ஜெர்மானியரின் பயங்கரத் தாக்குதல்களுக்கு ஈடுகொடுக்க முடிந்தது. தரைப் படை, விமானப் படை ஆகிய வற்றில் மிக்க வலிமை பெற்றிருந்தும், மேலும் எண்ணற்ற நீர் மூழ்கிக் கப்பலையும், அவற்றை இயக்குவதற்குத் திறமையான மாலுமிகளைப் பெற்றிருந்தும், ஜெர்மானியர் ராடாரின் வளர்ச்சியில் அக்கறை காட்டாது அலட்சியப் படுத்தியதால்தான் போரில் வீழ்ந்தனர். அண்மையில் ஆறு நாட்கள் நடந்த எகிப்து - இஸ்ரேலியப் போரில், எகிப்து ராடார்கள் சரியான முறையில் இயக்கப்படாததால் இஸ்ரேலியர் வென்றனர் என்பதும் உலகறிந்த உண்மையாகும். நம் நாட்டின் வட எல்லையில் ராடார் பாதுகாப்பு (radar umbrella) கொடுக்கப்பட்டிருப்பதும் நம் நாட்டிற்கு மிக மிகத் தேவையானது என்பது இதனுல் விளங்குகின்றது.

வினுக்கள்

1. போரினுலேயே விஞ்ஞானம் வளர்கின்றது. ராடார் சம்பந்தப்பட்டவரை இந்தக் கருத்தை மெய்ப்பிக்க.
2. ராடாரை உண்டாக்கிய விஞ்ஞானிகளையும் அவர்களின் கண்டுபிடிப்புகளையும் தொகுத்து எழுதுக.
3. செயின் ஹோம் ராடார் என்பதைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?
4. செயின் ஹோம் தாழ்வான அமைப்பு என்பதைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?
5. இரண்டாம் உலகப்போரில் நேச நாடுகள் ராடாரில் தோற்றுவித்த மாறுதல்களையும் அவற்றை முறியடிக்க ஜெர்மானியர் கையாண்ட முறைகளையும் தொகுத்து வரைக. ஜெர்மானியர்களின் முயற்சியை நேச நாடுகள் எப்படி வெற்றிகண்டன என்பதையும் விளக்குக.

6. நம்மை நோக்கிப் பறந்து வரும் விமானம் நமது விமான மா, எதிரி விமானமா, என்று அடையாளம் கண்டுகொள் வது எப்படி ?

7. போர்க்காலத்தில் எதிரி நாட்டின்மீது குறிதவருமல் குண்டு வீச ராடார் எப்படிப் பயன்படுத்தப்படுகிறது ?

8. எதிரி நாட்டில் வான்குடை மிதவைகள் வழியே குண்டு வீச ராடார் எப்படிப் பயன்படுகிறது ?

9. எதிரியின் தாக்குதலிலிருந்து நம் நாட்டை ராடாரின் உதவியால் எப்படிக் காத்துக் கொள்ளலாம் ?

10. கடற்போரில் ராடார் பயன்படும் விதம் யாது ?

11. சிறு குறிப்பு வரைக :

(a) துருவ விளக்குகள்.

(b) ராடார் பேக்கன்.

(c) ஓபோ.

(d) ராடார் பாதுகாப்பு.

27. ராடாரின் அமைதிக்காலப் பணி

(Uses of Radar in Peace)

உலகம் தோன்றிய நாளிலிருந்து இன்றுவரை போர் நடந்து கொண்டே வந்திருக்கிறது. நமது இந்தியத் துணைக்கண்டத்தை மட்டும் எடுத்துக்கொண்டால் ஆதியில் திராவிடர்கள், பிறகு ஆரியர்கள், அதற்கும் சிறிது காலத்திற்குப்பின் முகம்மதியர்கள், இறுதியில் ஆங்கிலேயர்கள். இவர்கள் இந் நாட்டு மன்னர்களுடனும் சிற்சில சமயங்களில் தங்கள் இனத்தவருடனும் போரிட்டுக் கொண்டே வந்திருக்கின்றார்கள். பழைய ஏகாதிபத்தியங்கள் எடுத்துக் காட்டாக, ரோம ஏகாதிபத்தியம், சீன ஏகாதிபத்தியம் ஆகியவையும் போரிலேயே வீழ்ந்துபட்டன. ஐரோப்பாவில் பல நாடுகளுக்கிடையே போர், அமெரிக்காவில் உள்நாட்டுப் போர், ஏன்! நம் தமிழ்நாட்டிலேயே மூவேந்தர்களுக்குள் போர், குறுநிலமன்னர்களுக்கிடையே போர். இப்படி வரலாற்றின் எந்த ஏட்டைத் திருப்பினாலும் போரைப்பற்றிய செய்திகளே உள்ளன. போரினால் எண்ணற்றோர் உயிரிழக்கின்றனர். மிகுந்த பொருள்சேதம் ஏற்படுகின்றது. போரின் தொல்லைகள் போர்முடிந்து பல ஆண்டுகளுக்குப் பின்னரும் நீடிக்கின்றன. இருந்தும் எந்த நாடும் போரின்றி வாழ்ந்ததாக வரலாறு கிடையாது. போரைத் தவிர்க்க முற்பட்ட எவரும் நீண்டகாலம் அமைதியுடன் வாழ்ந்ததில்லை. கலிங்கத்தை வென்ற பேரரசன் அசோகன் போரின் கொடுமைகளைக் கண்டு மனம் வெதும்பி, போர் செய்வதையே நிறுத்தினான். அவனது நாடு விரைவிலேயே அழிந்துபட்டது. உலக நாடுகள் ஒன்றையொன்று நம்பாதவரை-ஒன்றையொன்று ஐயப்பாட்டுடன் நோக்கும்வரை-போர்க்கருவிகள் பெருகிக்கொண்டுதான் இருக்கும். நாசத்தை விளைவிக்கும் அணுகுண்டுகளைக் கடலில் எறிந்துவிட வேண்டும் என்ற அறிஞர்கள் கூற்றை இதுவரை எந்த வல்லரசும் செவிமடுக்கவில்லை. 'வல்லான் வகுத்ததே வாய்க்கால்' என்ற வகையிலேயே நாடுகள் போய்க்கொண்டிருக்கின்றன. அமைதி,

அமைதி, உலகெங்கணும் அமைதி நிலவவேண்டுமென்று நமது அரும் தலைவர்கள் பேசுகின்ற பேச்சுகள் செவிடன் காதில் ஊதிய சங்காகவே இருந்துகொண்டிருக்கின்றன. முதல் உலகப்போருக்குப் பின்னர், இரண்டாவது உலகப் பெரும்போர்; இரண்டாவது உலகப் போரின் பயங்கர விளைவுகளை நேரடியாகக் கண்ட பின்னரும் கொரியாவில் போர், இந்தோனேஷியாவில் போர், பாகிஸ்தானுடன் போர், எகிப்தில் போர். இவ்வாறு போர்கள் தொடர்கதையாகவே இருக்கின்றன. தங்களுக்கிடையே உள்ள பிரச்சினைகளைத் தீர்த்துக்கொள்வதற்குப் போரை நாடும்வரை போர்க்கருவிகள் பெருகிக்கொண்டுதானிருக்கும். அத் துறையில் விஞ்ஞானிகளும் ஈடுபட்டுக்கொண்டுதானிருப்பர். அமைதிக்காகப் பெரும் பணியாற்றுவோர்க்கு ஆண்டுதோறும் பரிசளிக்க ஆவன செய்த ஆல்ஃபிரட் நோபல் என்பவரே வெடிமருந்து தயாரிப்பில் சிறந்த பயிற்சி பெற்றிருந்தார் என்பது நாம் அறிந்த ஒன்றுரும்.

அறிவியலின் எந்த ஒரு கருவியும் அல்லது ஒரு புதிய கண்டுபிடிப்பும் தானுகவே தீமை பயப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு சிறு கத்தியை எடுத்துக்கொள்வோம். கத்தியைக் கொண்டு பழங்களை நறுக்கலாம். அதையே ஒருவனைக் கொல்வதற்கும் உபயோகிக்கலாம். இது கத்தியின் தவறன்று. அதைப் பயன்படுத்துபவனின் தவறேயாகும். அதைப்போலவே அணு ஆற்றலைக் (atomic energy) கொண்டு மின்சாரம் தயாரிக்கலாம். கப்பலை ஓட்டலாம்; அல்லது அணுகுண்டு போன்ற கருவிகளைக் கண்டுபிடித்து மனித குலத்தையே அழிக்கலாம். இது அணு ஆற்றலின் தவறன்று. அதைப் பயன்படுத்துவோரின் தவறாகும். எனவே, நன்மையும் தீமையும் எந்தக் கருவியிலும் இல்லை. அதைக் கையாளுபவரிடமே இருக்கின்றது. இதைப்போலவே ராடாரும் போர்க்காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டாலும், அதன் பணிகள் அமைதிக்காலத்தில் எண்ணற்றவை. அவற்றில் சிலவற்றை விளக்குவோம்.

ராடார் கடற் பயணத்தை அமைதியான முறையில் மேற்கொள்வதில் சிறந்த முறையில் பணிசெய்கின்றது. ராடார் பொருத்தப்பட்ட கப்பல்கள் தம்மைச் சூழ்ந்துள்ள பனிப்பாறைகள், கடலில் மறைந்துள்ள மலைகள் ஆகியவற்றை எளிதில் கண்டுபிடித்து அவற்றின்மீது மோதிக் கொள்ளாமல் பாதுகாப்பாகச் செல்லமுடியும். இத்தகைய ராடார்கள் பெரும்பாலும் மிகப் பெரிய கப்பல்களிலேயே பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இருந்தாலும் மீன்பிடிக்கும் சிறு படகுகள், சிறு உல்லாசப் படகுகள் ஆகியவையும் இவற்றால் நன்மையடையும். பெரிய கப்பல்களில் பொருத்

தப்பட்டுள்ள ராடார்கள் இவற்றைக் கண்டு தகுந்த முறையில் எச்சரிக்கும். எனவே, சிறுபடகுகள் பெரிய கப்பலுடன் மோதக் கூடிய அபாயம் தவிர்க்கப்படுகின்றது. கடற்கரையோரமாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள ராடார்கள் கப்பல்களுக்கு வழிகாட்டி அவற்றைச் சரியான பாதையில் அழைத்துச் செல்லுகின்றன.

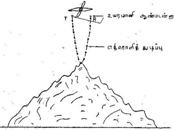
ஒரு கப்பல் துறைமுகத்தை நெருங்குவதாகக் கொள்வோம் அப்பொழுது துறைமுகத்திற்குள் செல்வதா, துறைமுகத்திற்குள் சென்று தங்க வசதியாக இடமுள்ளதா, வேறு கப்பல்கள் உள்ள னவா, செல்லவேண்டிய பாதை எது, அல்லது துறைமுகத்தினுள் நுழையாமல் வெளியிலேயே நங்கூரம் பாய்ச்சவேண்டுமா என்பன போன்ற பல பிரச்சினைகள் உண்டாகின்றன. மேலும், அந்த வேளையில் துறைமுகத்தைப் பனி மூடியிருக்குமானால் பிரச்சினை பன்மடங்கு பெரிதாகின்றது. கப்பலில் ராடார் பொருத்தி இருந் தாலும் மேலே கூறிய பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கமுடியாது. ஏனெனில், ராடார் அதற்கு முன்னுள்ள பொருள்களைமட்டும் காட்டுமே யல்லாது, வளைந்து சென்று முன்னால் நிற்கும் வேறொரு கப்பலுக்குப் பின்னால் இடமுள்ளதா என்பதைக் காட்ட இயலாது. எனவே, கப்பல் துறைமுகத்திற்கு வெளியிலேயே நங்கூரம் பாய்ச்சித் தங்க நேரிடும். அதுவும் பனிமூட்டம் பல நாள்கள் தொடர்ந்து இருக்குமானால் அதனால் ஏற்படும் பொருள் இழப்பு மிக அதிகமாகும். இம்மாதிரி நேரங்களில் துறைமுக ராடார் பெரிதும் உதவுகின்றது.

துறைமுக ராடார், துறைமுகத்தில் நிற்கும் கப்பல்கள், அங் குள்ள காலி இடம் ஆகியவற்றைத் தெளிவாகக் காட்டும். இதற் கான ராடார் ஏரியல்கள் உயரமான கம்பிகளின்மீது அமைக்கப் பட்டிருக்கும். இவற்றின் துணையால் துறைமுக அதிகாரிகள் ரேடியோ தொலைபேசிமூலம் வெளியே காத்துக்கொண்டிருக்கும் கப்பல் தலைவனுக்குத் தகுந்த ஆணைகளை இடுகின்றனர். இதனால் கப்பல் காலதாமதமின்றித் துறைமுகத்திற்குள் நுழைந்து வேறு கப்பல்களுடன் மோதாமல் சென்று தங்குகின்றது. மேலும், இத் தகைய துறைமுக ராடார்கள் வேறு வகைகளிலும் உதவு கின்றன. துறைமுகத்திலுள்ள மேடான இடங்களைக் குறிப்பதற்குச் சில மிதவைகள் (buoys) ஆங்காங்கே மிதக்கவிடப்பட்டிருக்கும். சில சமயங்களில் இவை தம் இடம்விட்டு நகர்ந்திருக்கும். அவ்வாறு நேர்ந்தால் துறைமுக ராடார், அவற்றைக் காட்டிக் கொடுத்து விடும். அதிகாரிகள் அவற்றைச் சீர்செய்து விடுவர்.

அதிவேகத்தில், எடுத்துக்காட்டாக, மணிக்கு 400 மைல் வகத்தில், இரு விமானங்கள் ஒன்றைநோக்கி யொன்று பறந்து-

கொண்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். விமானிகள் சிறிது அலட்சியமாக இருந்தாலும் இவை ஒன்றோடொன்று மோதி நொறுங்கி விடும். இத்தகைய மோதலைத் தவிர்க்க, அவை எதிரில் வரும் ஆபத்தை முன்கூட்டியே தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். அதுவும் குறைந்தது மூன்று நிமிடங்கள் முன்னதாகவாவது தெரிந்து கொள்ளவேண்டும். விமானங்களில் ராடார் பொருத்தப்பட்டிருந்தால் அவை ஆபத்தை உணர்ந்து விலகிச் சென்றுவிடும். பொதுவாக இந்த நேரங்களில் விமானங்கள் தாம் பறக்கும் உயரத்தை மாற்றிக்கொள்ளும். இரண்டு விமானங்களும் ஒரே மாதிரி உயரத்தை மாற்றிக் கொண்டாலும் ஆபத்து நீடிக்கும். எனவே, இதற்கு ஓர் அனைத்துலகக் கட்டுப்பாடு ஏற்படுத்தப் பட்டுள்ளது. அதன்படி கிழக்கு நோக்கிச் செல்லும் விமானம் தன் வழியை மாற்றிக்கொள்ளவேண்டும். இதைப் போலவே விமானத்தில் ராடார் பொருத்தப்பட்டிருந்தால் அது மலைப்பகுதிகளில் பறந்து செல்லும்போது மலைச்சிகரங்களில் மோதாமல் பாதுகாப்பான வழியறிந்து செல்லமுடியும்.

விமானப் பயணத்தில் எதிர்த்திசையில் வரும் விமானங்கள் மலைச்சிகரங்கள், உயர்ந்த கட்டடங்கள் மட்டுமேயன்றி மேகக் கூட்டங்களும் ஆபத்தை விளைவிக்கக்கூடியவை. அதிலும் குறிப்



படம் 27.1
ராடார் உயரமானி

பாக 'கியுமுலோ - நிம்பஸ்' (cumulo - nimbus) என்ற மேகக் கூட்டங்கள் பயங்கர எதிரிகளாகும். இம் மேகக் கூட்டங்களில் விமானங்கள் செல்லும்பொழுது ஏற்படும் கொந்தளிப்பினால்

விமானங்கள் உடைந்துபோவதுமுண்டு. எனவே, இவற்றை முன்ன தாக இனம் கண்டு கொள்ளவேண்டும். இதற்கு விமானத்தி லுள்ள ராடார் 3 செ. மீ. அலை நீளமுடைய அலைகளைப் பயன் படுத்தி, 'கியுமுலோ-நிம்பஸ்' மேகக் கூட்டங்களை 40 மைல் வரையில் கண்டுபிடிக்கும். இந்த ராடாரில் ஆபத்தை விளைவிக் காத மற்ற மேகக் கூட்டங்கள் தெரியா. விமானம் பறந்துகொண் டிருக்கும் உயரத்தைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் கருவி உயரமானி (altimeter) எனப்படும். இதன் தத்துவம் படம் 27.1ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

இது விமானம், அதற்குக் கீழேயுள்ள தரைமட்டத்திலிருந்து என்ன உயரத்திலிருக்கிறது என்பதைக் காட்டும்.

துறைமுகத்தில் உள்ள ராடார்களைப் போலவே விமான நிலயத்தில் வந்திறங்கும் விமானங்களை வழிநடத்த விமான நிலய ராடார்கள் உள்ளன. அவை விமானங்கள் முறையாக எந்த வானிலையிலும் இறங்குவதற்குப் பயன்படும். இந்த விமான நிலய ராடார் வானத்தில் ஏறக்குறைய 40 மைல் தொலைவில் விமானங்கள் வரும்போது அவற்றைக் கண்டு கொள்ளும். உடனே விமான நிலய அதிகாரி ரேடியோ தொலைபேசிமூலம் விமானியுடன் தொடர்பு கொள்வார். உடனே இறங்க முடியுமா என்பதையும், அல்லது காத்திருக்க வேண்டுமானல் எவ்வளவு நேரம் விமானத்தில் எந்த உயரத்தில் வட்டமிட்டுக் கொண்டு இருக்கவேண்டும் என்பதையும் விமானிக்குக் கூறுவார். நிலயத் தில் இறங்க வசதி ஏற்பட்டவுடன் விமானி இறங்கு பாதைக்கு நேராக வருகின்ற வரையில் வழியை விவரமாகக் கூறிக் கொண்டே வருவார். இத்துடன் விமானத்தில் ராடார் கண் காணிப்பு நின்றுவிடும். பிறகு வேறொரு துல்லியமான ராடாரின் உதவி கொண்டு விமானிக்கு வழி கூறப்படும். அதன்படி விமானம் பறந்து வந்து பாதையில் இறங்கும். இந்த முறைப்படி விமானங்கள் இரவு பகல் எந்த நேரத்திலும், எந்த நிலயிலும் சிறிதும் இடர்ப்பாடின்றிக் குறுகிய காலத்தில் இறங்க முடிகின்றது. இத்தகைய ராடார் அமைப்பிற்குத் தரைவழிக் கட்டுப்பாடு முறை (ground control approach – G.C.A.) என்று பெயர்.

கடலில் ஒரு கப்பல் சென்று கொண்டிருக்கும்பொழுது பாறை களுடன் மோதியோ, சூருவளியில் சிக்கியோ மூழ்கிவிடலாம். இந் நிலயில் மாலுமி ரேடியோமூலம் உதவி கோர மீட்பு வேலைக் கப்பல்களும் விமானங்களும் ஆபத்திலுள்ள கப்பலை நோக்கிச் செல்லும். இதற்கிடையில் கப்பலில் உள்ளோர் ரப்பர் மிதவை களிலும் சிறு படகுகளிலும் கடலில் இறங்கி உயிர் தப்பப் போராடு

வர். அவர்கள் மீட்சிக் கப்பலைக் காணமுடியும்; ஆனால், கப்பலில் உள்ளவர்களுக்குச் சிறிய படகில் உள்ள இவர்களைத் தெரியாது. இந்தச் சமயங்களில் ராடார் இருக்குமானால் அது தொலைவில் உள்ளவர்களைக் காட்டிக்கொடுத்துவிடும். அவர்கள் ஆபத்தி லிருந்து மீட்கப்படுவர்.

திமிங்கில வேட்டையாடுவோர் கடலில் திமிங்கிலத்தைக் கொன்றுவிட்டுக் கரைக்குத் திரும்பிவிடுவர். அல்லது வேறு வேட்டைக்குச் சென்றுவிடுவர். கொல்லப்பட்ட திமிங்கிலத்தைக் கரைக்கு இழுத்துவரத் தனி வசதியுள்ள கப்பல்கள் தேவை. திமிங்கிலத்தை இழுத்துவரச் செல்லும் கப்பல் அதைக் கடலில் தேடித் திரிகின்ற தொல்லையைத் தவிர்க்க அதனைக் கொன்ற வர்கள் ரேடியோ அலைகளை எளிதில் எதிரொளிக்கும் ஒரு பொருளை அதன்மீது நட்டுவிட்டுப் போய்விடுவார்கள். தேடி வரும் கப்பல் தன் ராடார் உதவியால் அதனை அறிந்து விடும்.

துணைக்கோள்கள் (artificial satellites) செல்லும் பாதையை யும் வேகத்தையும் ராடார் துல்லியமாகக் கணித்து நமக்குத் தெரிவிக்கின்றது. இதைப்போலவே கண்டம் விட்டுக் கண்டம் பாயும் ஏவுகணைகள் (inter continental ballistic missiles) செல்லும் பாதையைக் கணித்துச் சொல்லவும் அவற்றை நேரான பாதையில் செலுத்தவும் ராடார் பயன்படுகின்றது. ராடார் வானிலையியலில் (radar meteorology) மழை மேகங்களையும், சூறவளிக் காற்றையும் துல்லியமாகத் தெரிந்து கொள்ளுகிறோம். ஏறக்குறைய 150 மைல் தூரம் வரை இவற்றை எளிதாகக் கண்டுகொள்ளலாம். இந்தத் துறையில் பிறிதொரு முக்கியமான கருவி ரேடியோ சான்டே (radio sonde) என்பதாகும். இதைப் பயன்படுத்தி, காற்றின் திசையை அறியலாம். மேலும், வெவ்வேறு உயரங்களில் வெப்ப நிலை, அழுத்தம், ஈரப் பதன் (humudity) ஆகியவற்றையும் அளக்கலாம்.

ராடார் வானியலில் (radar astronomy) சந்திரனின் தூரத் தையும் ராடாரைக்கொண்டு அளக்கலாம். பூமியிலிருந்து அதிக அடுக்க ரேடியோ அலைகள் சந்திரனையடைந்து திரும்பிவர இரண்டரை வினாடிகள் ஆயின. சந்திரனின் தூரம் 2,38,860 மைல் என்று தெரியவந்தது. இது மிகத் திருத்தமாகக் கண்டறி யப்பட்ட முடிவாகும். மேலும் வெகுதொலைவிலுள்ள விண்மீன் களும், விண்மீன் கூட்டங்களும் நெபுலாக்களும் (nebulae) அனுப்பு கின்ற ரேடியோ அலைகளைப் பெரிய ஏரியல்களில் ஏற்று அவற் றின் இருப்பிடத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இது வானவெளி ஆராய்ச்சியில் மேலும் பல புதிய உண்மைகளை வெளிப்படுத்தும்.

இவ்வாறு ராடாரின் அமைதிக்காலப் பணிகளை விரித்துக் கொண்டே போகலாம். மனிதனின் அறிவு வளர வளர ஆராய்ச்சி தொடருகின்றது. அதன் பயனாகப் புதிய புதிய விளைவுகள் தென் படுகின்றன. அண்மையில் நுண்ணலைகளைப் பற்றிய அறிவு வளர்ச்சியடைந்துள்ளது. மேலும் ஆற்றல் மிக்க ஒளி அலைகளையே இப்போது பயன்படுத்துகின்றனர். மேசர் (maser), லேசர் (laser) எனப்படும் ஆற்றல் மிக்க ஒளிக்கற்றைகளைத் தற்போது உண்டாக்கி வானவெளிப் பயணத்தில் பெரிதும் பயன்படுத்தி வருகின்றனர். இத்துறை முழுவதும் வளர்ச்சியுற்றால் நமது அறிவில் வியத்தகு மாறுதல்கள் ஏற்படும் என்பது திண்ணம். இவற்றைப்பற்றி வேறோர் அத்தியாயத்தில் பார்ப்போம்.

வினாக்கள்

1. கடற்பயணத்தை ஆபத்தின்றி மேற்கொள்ள ராடார் எவ்வாறு பயன்படுகிறது ?
2. ஒரு துறைமுகத்திற்குள் நுழைய இருக்கும் கப்பலுக்கு ராடார் எவ்விதம் பயன்படுகிறது ?
3. விமானப் போக்குவரத்து ஆபத்தின்றி இருக்க ராடார் எவ்வாறு உதவுகிறது ?
4. ராடாரைப் பயன்படுத்தி ஒரு விமானி தனக்குக் கீழே யுள்ள செங்குத்தான ஒரு புள்ளியிலிருந்து தனது உயரத்தை அளந்துகொள்கிறான். எப்படி ?
5. ஒரு விமானநிலையத்தில் வந்து இறங்கும் விமானத் திற்கு ராடார் எவ்வாறு உதவுகிறது ?
6. விபத்தில் சிக்கியவர்களுக்கு ராடாரைக் கொண்டு எப் படி உதவலாம் ?
7. திமிங்கல வேட்டையில் ராடார் பயன் படுத்தப்படும் விதத்தை விவரி.
8. சிறு குறிப்பு வரைக :
   - (a) கடலில் மிதவைகள்.
   - (b) ராடார் உயரமானி.
   - (c) 'கிரவுண்ட் கண்ட்ரோல் அப்ரோச்.'
   - (d) ராடார் வானிலை இயல்.
   - (e) ராடார் வான் இயல்.

28. தொலைக்காட்சி

(Television)

மிகக் குறுகிய அலைகளைப் பயன்படுத்துகின்ற மற்றொரு கருவி தொலைக்காட்சியாகும். எனவே, தொலைக்காட்சியைப்பற்றியும் சிறிது இந்த நூலில் கூறுவது பொருத்தமாகும். ரேடியோவில் ஒரு நிலையத்தில் நிகழும் ஒலி மின்காந்த அலைகள்மூலம் பரப்பப் பட்டு மற்ற இடங்களில் கேட்கப்படுகின்றது. இம்மாதிரியே பேச்சு, பாட்டு இவைகளைக் கேட்பதுடன் அவற்றை நிகழ்த்து பவர்களையும், நாடகங்களையும், மற்ற இடங்களில் உள்ளோர் காணக் கூடுமானால் அதன் இனிமை அதிகமாகும். இதனைச் செய்வதே தொலைக்காட்சியாகும். நம் நாட்டில் தொலைக்காட்சி அதிக அளவில் இன்னும் பரவாமல் இருந்தாலும் மேல் நாடுகளில் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே கண்டுபிடிக்கப்பட்டு, இப்பொழுது நன்கு உபயோகத்திற்கு வந்துள்ளது. தொலைக் காட்சியின் தந்தை நிப்கோவ் (Nipkov) என்ற விஞ்ஞானியாவார்.

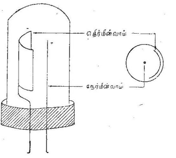
ரேடியோவில் ஒலி அலைகள் மைக்ரோஃபோனில் மின் அலை களாக மாற்றப்பட்டு, பெருக்கப்பட்டு, அதிக அடுக்கமுடைய ரேடியோ அலைகளுடன் உரிய முறையில் கலக்கப்பட்டு வான வெளியில் மின்காந்த அலைகளாக அனுப்பப்படுகின்றன. அந்த அலைகள் ஏற்பியின் ஏரியலில் வாங்கப்பட்டு ஒலி அலைகளுக்குரிய மின்னலைகள் மட்டும் பிரிக்கப்படுகின்றன. அவற்றுக்கு மேலும் ஆற்றலூட்டி ஒலிப்பானில் செலுத்தி ஒலி அலைகளாகத் திரும்பப் பெறுகின்றோம். இந்த முறைதான் சில மாறுதல்களுடன் தொலைக் காட்சியில் நடைபெறுகின்றது.

தொலைக் காட்சியில் ஒலி அலைகளுக்குப் பதிலாக ஒளி அலை களைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஒரு பொருளின் நிழல், ஒளிப்பகுதி களை மின்னலைகளாக மாற்றி ரேடியோ அடுக்க அலைகளுடன் உரிய முறையில் கலந்து வான வெளியில் அனுப்புகின்றனர்

தொலைக்காட்சி ஏற்பியில் மின்னலைகள் பிரிக்கப்பட்டு, காட்சிக் கான அலைகள் மட்டும் உரிய கருவிகள் மூலம் ஒளி நிழல் பகுதி களாக மாற்றப்பட்டு, படத்தை உருவாக்குகின்றன. ஆகவே, தொலைக்காட்சி என்பது ஒளி அலைகளைப் பற்றியதே. தொலைக் காட்சிக்குத் தேவையான சாதனங்கள் ஒளி மின்கலம் (photo - electric cell) எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் ஆகியவையாகும். எதிர் மின் கதிர்க் குழாயைப்பற்றி முன்பே விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. இப்பொழுது ஒளி மின்கலத்தைப்பற்றிச் சிறிதளவு பார்ப்போம்.

ஒளி மின்கலம் :

ஒளியைக் கொண்டு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கலாம் என்ற கொள்கையை அடிப்படையாகக் கொண்டது ஒளி மின்கல மாகும். இதன் அமைப்பு, படம் 28.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

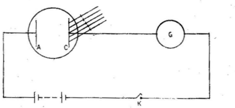


படம் 28.1
ஒளி மின்கலம்

கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்ஸ் (quartz) போன்ற படிகத் தாலான ஒரு குழாய் ஒளி புகுதற்கான ஒரு சிறு இடைவெளியைத் தவிர மற்றப் பகுதிகளில் மூடப்பட்டிருக்கும். குழாயிலுள்ள காற்று வெளியேற்றப்பட்டு அங்கு வெற்றிடமாக இருக்கும். குழாயினுள் இடைவெளிக்கு எதிராக ஓர் அரை வட்டத் தகடும், குழாயின் நடுவில் ஒரு கம்பியும் உள்ளன. அரை வட்டத் தகட்டின் உட்புறம் வெள்ளி முலாம் பூசப்பட்டுள்ளது. இந்த வெள்ளிப்

பூச்சின்மீது சோடியம், பொட்டாசியம், ருபிடியம், சீசியம் போன்ற ஒளி உணர் பொருள்களின் பூச்சு உள்ளது. இவை துத்தநாகத்தைவிட அதிக எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடக்கூடியவைகளாகும். இவை வெளிவிடும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒளியின் செறிவையும் பொறுத்ததாகும். குழாயின் நடுவேயுள்ள கம்பி நேர்மின்வாயாகவும், அரைவட்டத் தகடு எதிர்மின்வாயாகவும் இயங்குகின்றன.

படம் 28·2 ல் காட்டியதுபோல் ஒளி மின்கலத்துடன் ஒரு மின்கலம் இணைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். ஒளி மின்கலத்தின் எதிர்மின்வாய்-மின்கலத்தின் எதிர்மின்வாயுடனும் ஒளி மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் மின்கலத்தின் நேர்மின்வாயுடனும் இணைக்கப்படவேண்டும். ஒளி மின்கலத்தின் இரு மின்வாய்களுக்கிடையே இணைப்பில்லாததால் சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழ முடியாது.



படம் 28.2.
ஒளி மின் விளைவுச்சுற்று

இப்பொழுது ஒளி மின்கலத்தின் எதிர்மின்வாய்மீது ஓர் ஒளிக்கற்றையைச் செலுத்துவோம். எதிர்மின்வாய் ஒளி உணர் பூச்சிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. குழாயின் நடுவேயுள்ள கம்பி நேர்மின்னோட்டம் பெற்றுள்ளதால் எலெக்ட்ரான்கள் அந்தக் கம்பியை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன. எனவே, ஒளிக்கற்றை காரணமாகக் கம்பியில் மின்னோட்டம் நிகழுகின்றது. ஒளியினால் மின்னோட்டம் நிகழ்வதால் இந்தக் கருவிக்கு ஒளி மின்கலம் என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது.

தொலைக்காட்சியில் ஒளிமின்கலமும், எதிர்மின் கதிர்க்குழாயும் சிறந்த பங்கு வகிக்கின்றன என்று முன்பே கூறினோம். தொலைக்காட்சியின்மூலம் பரப்பப்படவேண்டிய பொருளின் பகுதிகள்

மின்துடிப்புகளாக மாற்றப்பட வேண்டும் என்றும் கூறினேம். ஒரு காட்சியின் எல்லாப் பகுதிகளையும் ஒரே சமயத்தில் மின்துடிப் புகளாக மாற்ற முடியாது. புத்தகத்திலுள்ள ஒரு பக்கத்தை எப்படி ஒவ்வொரு வரியாகப் படிக்கின்ருேமோ அதே முறையில் தான் தொலைக்காட்சியிலும் ஒவ்வொரு பகுதியும் சிறு சிறு பகுதி களாகப் பிரிக்கப்பட்டு மின்துடிப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றது. இப்படி ஒரே காட்சியைப் பல பிரிவுகளாகப் பிரித்து ஆராய்வதற்கு வரிக்கண்ணேட்டம் (scanning) என்று பெயர்.

வரிக்கண்ணேட்ட முறையில் பகுத்தற்குரிய சாதனத்தை முதன் முதலில் கண்டுபிடித்தவர் தொலைக்காட்சியின் தந்தை 'நிப்கோவ்' ஆவார். எனவே, இதற்கு நிப்கோவின் தட்டு (Nipkov disc) என்றே பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. இந்த சாதா ரணத் தகட்டில் அதன் ஓரத்திலிருந்து மையத்தை நோக்கிச் சுருள்வில் (spiral) வடிவில் பல சிறு துளைகள் அமைந்துள்ளன. இரு துளைகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் ஏற்பியில் உருவாக்கப் படும் படத்தின் அகலத்திற்குச் சமமாகும். தகட்டின் மையத்தி லிருந்து ஒரு துளையின் மையத்திற்கும், அதனை அடுத்துள்ள துளையின் மையத்திற்கும் உள்ள தூரம் ஒரு துளையின் அகலத் திற்குச் சமமாக இருக்கும். காட்சிக்கு முன்ஞல் தட்டு விரை வாகச் சுற்றப்படும்பொழுது அடுத்தடுத்துத் துளைகள் வழியாகச் செல்லுகின்ற ஒளி காட்சியை வரிக்கண்ணேட்ட முறையில் பகுக்கின்றது. ஒவ்வொரு துளையும் அதற்கு முந்தியதைவிடத் தட்டின் மையத்தை நோக்கிச் செல்வதால் ஒவ்வொன்றும் அதற்கு முன்புள்ள துளை வரிக்கண்ணேட்டப் படுத்தியதை யொட்டிக் கீழேயுள்ள பகுதியை வரிக்கண்ணேட்டப்படுத்தும்.

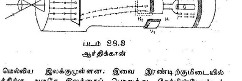
நிப்கோவ் தட்டை ஒரு காட்சியின் முன்னும், ஓர் ஒளி மின் கலத்தைத் தட்டிற்குப் பின்னும் வைத்துத் தட்டை வேகமாகச் சுழற்றுவதாகக் கொள்வோம். தட்டு சுற்றப்படும்பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட துளை, மேல் இட முனையிலிருந்து வல முனைவரைக்கும் காட்சியின் குறுக்கே செல்லுகின்றது. ஆகவே, காட்சியின் அந் தப்பகுதியிலிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்டு ஒளி மின்கலத்தை அடை யும் ஒளிக்கதிர்களின் செறிவு அந்தக் காட்சியின் பல்வேறு பகுதிகளின் ஒளி நிழற் பகுதிகளுக்கேற்பக் கூடியும் குறைந்தும் அமையும். எனவே, ஒளிர் மின்கலத்தின் எதிர்மின் வாயி லிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், அதன் காரணமாக ஏற்படும் மின்னேட்டத்தின் அளவும் கூடி யும் குறைந்தும் ஒரு மாறு மின்னேட்டமாக (varying current) அமைகின்றது. இந்த மாறுமின்னேட்டம் தகுந்த முறையில்

பெருக்கப்பட்டு ரேடியோ அடுக்க அலைகளுடன் பண்பேற்று முறையில் கலக்கப்பட்டு வான வெளியில் மின்காந்த அலைகளாக அனுப்பப்படுகின்றது. மேலே சொல்லப்பட்ட துளைக்கு அடுத்துள்ள துளை முன்பு வரிக்கண்ணோட்டப்படுத்தப்பட்ட பகுதியை யொட்டி கீழேயுள்ள பகுதியை வரிக்கண்ணோட்டப்படுத்தும். அந்தப் பகுதியிலுள்ள ஒளி நிழற்பகுதிகளும் முன்பு கூறியவாறே வானவெளியில் அனுப்பப்படும். இவ்வாறு தட்டிலுள்ள முதல் துளை முதல் இறுதிமுனை ஈறாக எல்லாத்துளைகளும் தட்டு ஒரு முறை சுற்றும்போது காட்சியின் முழுப்பகுதியையும் சிறுசிறு பகுதிகளாக வரிக்கண்ணோட்டப்படுத்துமதலால் காட்சி முழுவதும் மின்துடிப்புகளாக மாற்றப்பட்டு வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றது.

மேலே கூறப்பட்டவாறு வானவெளியில் அனுப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் ஏற்பியில் பெறப்பட்டு, அவற்றினின்றும் காட்சிக்கான மின் துடிப்புகள்மட்டும் தனியே பிரிக்கப்படுகின்றன. பிரிக்கப்பட்ட மின்துடிப்புகள் பெருக்கப்பட்டு ஒரு நியான் விளக்கை இயக்கப் பயன்படுகின்றன. இந்த மின்னோட்டம் ஒருமாறுதிசை மின்னோட்டமாகையால், பரப்பியிலிருந்து காட்சியின் ஒளி நிழல் பகுதிகளுக்கேற்ப நியான் விளக்கு ஒளி மிகுந்தும், ஒளி குறைந்தும் எரியும். இந்த நியான் விளக்கின் முன் பரப்பியிலுள்ள நிப்காவ் தட்டை எல்லா விதத்திலும் ஒத்த வேறு ஒரு தட்டு அதே வேகத்தில் சுழலுகின்றது. இந்தத் தட்டின் துளைகள் நியான் விளக்கின்முன் சுழலும்போது, விளக்கின் ஒளியானது துளையின் வழியாக ஒரு திரையில் விழுகின்றது. நியான் விளக்கு ஒளி மிகுந்து எரியும்போது திரையில் ஒளியின் வலிமை மிக அதிகமாகவும், நியான் விளக்கு மங்கலாக எரியும் பொழுது திரையில் ஒளியின் வலிமை குறைந்து மிருக்கும். ஆகவே, திரையில் மாறும் ஒளி வலிமையுள்ள ஒரு புள்ளி விழும். தட்டு சுழலும்போது ஒளிப்புள்ளியும் திரையில் அசையும். இவ்வாறு துளைகள் ஒவ்வொன்றாக நியான் விளக்கின் முன் நகரும்போது உருவாகும் எல்லாப் பகுதிகளும் சேர்ந்து திரையில் ஒளிப் பரப்பை உண்டாக்கும். பரப்பி, ஏற்பியிலுள்ள நிப்காவ் தட்டுகள் ஒரே விதமாக அமைந்திருப்பதாலும், அவை ஒரே வேகத்தில் சுழல்வதாலும் ஏற்பியின் திரையில் பரப்பியில் உள்ளதைப் போலக் காட்சி அமையும். இவ்வாறு காட்சியை முழுமையாகக் காண்பதற்குத் தட்டு குறைந்தது வினடிக்கு 20 தடவைகளாவது சுற்றப்பட வேண்டும். தொலைக்காட்சியைத் தொடங்கி வைத்த ஜான். எல். பேயர்டு (John L. Baird), நிப்கோவ் (Nipkov) ஆகியோர் உருளைகள், தட்டுகள் முதலிய எந்திர, மின்சாரக்

கருவிகளைக் கொண்டு அதனை உருவாக்கி வெற்றி கண்டார்கள் எனினும் காட்சி மிகவும் தெளிவின்றி இருந்தது. ஆகவே, தற்காலத் தொலைக்காட்சியில் காட்சியை வரிக்கண்ணோட்டப் படுத்தும் வேலையைப் பரப்பியிலும், ஏற்பியிலும் எலெக்ட்ரான்கள் செய்கின்றன. எலெக்ட்ரானின் நிறை மிகமிகக் குறைவான தால் அவற்றை அதிவிரைவாக முன்னும் பின்னும் நகர்த்த முடியும். எனவே, காட்சியை வரிக்கண்ணோட்ட முறையில் பிரித் தலும் விரைவாக நடைபெறும். நவீன தொலைக்காட்சி சாதனங் களில் எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒரு வினாடியில் இடமிருந்து வல மாக 525 முறை நகருகின்றது. காட்சி முழுவதும் $\frac{1}{25}$ வினாடி யில் வரிக்கண்ணோட்டப்படுத்தப்படுகின்றது. இதைப்பற்றி இப் போது விரிவாகப் பார்ப்போம்.

தற்காலத்திய தொலைக்காட்சிகளில் பிம்ப ஆர்திக்கான் (image orithicon) என்ற குழாய் பயன்படுகின்றது. இது மூன்று பகுதிகளையுடையது: (1) பிம்பப்பகுதி (image section) (2) எலெக் ட்ரான் துப்பாக்கி (electron gun), (3) வரிக்கண்ணோட்டப் பகுதி (scanning section). இந்த ஆர்திக்கானின் அமைப்பு, படம் 28.3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குழாயின் ஒரு முனையில் எதிர்மின்னழுத்த முள்ள ஒரு மெல்லிய ஒளி உணர்வு ஏடும், அதன் பின்னால்



படம் 28.3
ஆர்திக்கான்

ஒரு மெல்லிய இலக்குமுள்ளன. இவை இரண்டிற்குமிடையில் இலக்கிற்கு அருகே இலக்கைப் பொறுத்து நேர்மின்னோட்டம் பெற்றுள்ள ஒரு நெருக்கமான வலைக்கம்பித் திரை உள்ளது. இந்தப் பகுதிக்குப் பிம்பப் பகுதி என்று பெயர். எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி குழாயின் மறுமுனையில் அமைந்துள்ளது. பிம்பப் பகுதிக்கும், எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கிக்குமிடையே வரிக்கண் ணோட்டப் பகுதி உள்ளது. வரிக்கண்ணோட்டப் பகுதியிலுள்ள கம்பிச் சுருள்கள் எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் கிடைமட்டத்திலும் செங்குத்தாகவும் அசைப்பதற்கான காந்தப் புலங்களை, அவற்

றின்வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது உருவாக்கும். இங்கு ஓடும் மின்னோட்டம் இரம்பப்பல் மின்னோட்டமாகும். இதைப்பற்றி முன்னரே விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்னோட்டத்தால் ஏற்படுகின்ற காந்தப்புலமும் சிறிதுசிறிதாக ஒரு திசையில் அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று பிறகு திடீரெனச் சுழியாகிறது.

இனி, ஆர்திக்கான் இயங்கும் விதத்தைக் காண்போம். பரப்பப்படவேண்டிய காட்சியின் பிம்பம் ஒளியுணர்வு ஏட்டின் மேல் அதன் இடப் பக்கத்தில் விழுமாறு செய்யப்படுகின்றது. இந்த ஏடு மிகவும் மெல்லியதானதால் அதன் வலப்பக்கத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. பல பகுதிகளிலிருந்தும் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் அதன்மீது விழுந்திருக்கும் ஒளி அளவுகளுக்கேற்ப அமையும். இந்த எலெக்ட்ரான்கள் வலைக் கம்பித் திரையை நோக்கி ஈர்க்கப் படுவதால், அவை ஊடுருவிச் சென்று இலக்கை மோதுகின்றன. ஒளியுணர் ஏட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து கிளம்பும் எலெக்டரான்கள் தக்கமுறையில் குவிக்கப்பட்டு இலக்கில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியை அடைகின்றன. இவ்வாறு இலக்கை மோதுகின்ற எலெக்ட்ரான்கள் அதன் பல பகுதிகளிலிருந்தும் எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுகின்றன. ஆகவே, இலக்கின் பல பகுதிகளில், ஒளியுணர்வு ஏட்டில் படும் பிம்பத்தின் பல பகுதிகளின் ஒளி வலிமைக்கேற்றவாறு அதிக அளவிலோ குறைந்தோ எலெக்ட்ரான் குறைவு ஏற்படும். இதற்குத் தகுந்தவாறு அப் பகுதிகள் நேர்மின்னூட்டம் அதிக அளவிலோ, குறைந்தோ பெற்றுக் காணப்படும்.

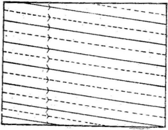
மேலே கூறப்பட்ட முறையில் அமைந்த இலக்கின் பின்புறம் எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான் கற்றையால் வரிக்கண்ணோட்ட முறையில் துருவப்படுகின்றது. அப்போது இலக்கின் பகுதிகளுக்குக் கற்றை தன்னிடமிருந்து எலெக்ட்ரான்களைக் கொடுக்கின்றது. மீதமுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் துப்பாக்கியை நோக்கித் திரும்பச் செல்லுகின்றன. திரும்பச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை கணத்திற்குக் கணம் பிம்பத்தின் ஒளி நிழற் பகுதிகளுக்கேற்பக் குறைவாகவும் அதிகரித்தும் மாறிமாறி அமையும். எனவே, எலெக்ட்ரான் கற்றையிலுள்ள மின்னோட்டமும் மாறிமாறி அமையும். இவ்வாறு ஏற்படும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் தகுந்த முறையில் பெருக்கப்பட்டு ஒரு மின்தடை வழியாக வெளியே எடுக்கப்படுகின்றது. பிறகு ரேடியோ அடுக்க அலைகளுடன் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்டு வான வெளியில் அனுப்பப்படுகின்றது.

காட்சியின் வெவ்வேறு பகுதிகளை அவற்றின் ஒளி, நிழல் தன்மைகளுக்கேற்ப மின்துடிப்புகளாக எவ்வாறு மாற்றுவது என்று இதுகாறும் கண்டோம். இவ்வாறு மாற்றப்பட்ட அலைகள் ரேடியோ அடுக்க அலைகளோடு கலக்கப்பட்டு மின்காந்த அலைகளாக வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றனவென்றும் கூறினோம். இந்த அலைகளிலிருந்து காட்சியை எவ்வாறு பிரித்தெடுப்பதென்று இனிக் காண்போம். தொலைக்காட்சி ஏற்பிக்கு 'விடியோ' (video) என்று பெயர். இதில் மின்துடிப்புகளை ஒளியாக மாற்றுவதற்கு எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் பயன்படுகின்றது. இதைப்பற்றி முன்பே விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. இந்தக் குழாய்க்கு 'கினஸ்கோப்' (kinescope) என்று பெயர். பரப்பியிலிருந்து மின்காந்த அலைகளாக வரும் காட்சிக்கான மின்துடிப்புகளும் அவற்றைத் தாங்கிவரும் ரேடியோ அடுக்க அலைகளும் ஏற்பியின் ஏரியலில் வாங்கப்பட்டு, பின்னர்ப் பெருக்கப்படும். காட்சித் துடிப்புகளை ரேடியோ அடுக்க அலைகளினின்றும் பிரித்து கினஸ்கோப்புக்குக் கொடுப்பர். பரப்பியில் படப்பிரதிக் குழாயில் வரிக்கண்ணோட்ட முறையில் துருவுகின்ற எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒளி மிகுந்த பகுதியில் விழும்போது ஏற்பியின் கினஸ்கோப்பில் பொட்டு ஒளி மிகுந்தும், நிழற்பகுதியில் விழும்போது பொட்டு ஒளி குறைந்துமிருக்கும். மேலும் பரப்பியில் எலெக்ட்ரான் கற்றை துருவுகின்ற வேகமும் கினஸ்கோப்பில் எலெக்ட்ரான் கற்றை அசைகின்ற வேகமும் ஒன்றாக இருத்தல் வேண்டும். பெரும்பாலான ஏற்பிகளில் திரையில் படம் நேரடியாகவே உருவாக்கப்பட்டுப் பார்க்கப்படுகின்றது. சிலவற்றில் சமதள ஆடி ஒன்றில் எதிரொளிக்கப்பட்டுத் தக்க குவி வில்லைகளால் பெரிதாக்கப்பட்டுத் திரையில் வீழ்த்தப்படுகின்றது.

வரிக்கண்ணோட்டம் (Scanning) :

காட்சிகளைப் பரப்பியிலிருந்து அனுப்பி முழுமையாக ஏற்பியில் பெறுவதற்கு எலெக்ட்ரான் கற்றை, பரப்பி, ஏற்பி இரண்டிலும் முழுமையாகத் துருவ வேண்டும். பரப்பியில் கற்றை இலக்கின் குறுக்கே இடமிருந்து வலமாகவும் மேலிருந்து கீழாகவும் அசைகின்றது. இரு கம்பிச் சுருள்களுக்கு இரம்பப்பல் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதால் இது சாத்தியமாகின்றது. ஒரு சுருளிலுள்ள மின்னழுத்தம், கற்றையை இடமிருந்து வலமாகவும் மற்றச் சுருளிலுள்ள மின்னழுத்தம், கற்றையை மேலிருந்து கீழாகவும் நகர்த்துகின்றது. பின்னப்பட்ட வரிக்கண்ணோட்ட முறையில் (inter-laced scanning) மொத்தமாக 406 கோடுகள் உள்ளன. அவற்றில் படம் 28.4 ல் காட்டியவாறு மேலேயுள்ள கோடும், அடியிலுள்ள

கோடும் அரைக் கோடுகளாகும். ஆகவே, மொத்தம் 405 கோடு கள் உள்ளன.



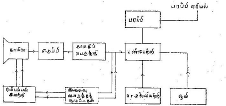
படம் 28.4
வரிக்கண்ணோட்டம்

ஒவ்வொரு முழுத் துருவுதலும் இரு நிலைகளில் செய்யப்படு கின்றன. கிடைமட்டக் காந்தப் புலத்தை இயக்கி உச்சிக்கோடு துருவப்படுகின்றது. இது முடிவுற்றதும் கற்றை இடக் கோட் டிற்குக் கொண்டு வரப்படுகின்றது. இதைக் கிடைமட்ட விரவுச் சுற்று (horizontal sweep circuit) செய்கின்றது. அதே சமயத்தில் செங்குத்து விரவுச் சுற்று கற்றையை மூன்றுவது கோட்டிற்குக் கொண்டு வருகின்றது. ஒற்றை எண் (odd number) கோடுகளைத் துருவி இந்த முறை திரும்பத் திரும்பச் செய்யப்படுகின்றது. 405 வது கோடு துருவப்பட்டபின் கற்றை செங்குத்துக் காலவடி யால் மேல் நோக்கியும், கிடைமட்டக் காலவடியால் இடப் பக்கத் திற்கும் கொண்டுவரப்படுகின்றது. ஆகவே, உண்மையில் கற்றை இரண்டாவது கோட்டின் ஆரம்பத்தை அடைகிறது. பிறகு முன் போலவே இரட்டை எண் (even number) கோடுகள் துருவப்படு கின்றன. கடைசிக் கோட்டின் பாதி துருவப்பட்ட பின்பு இந்தச் செயலும் முடிவுறுகின்றது. இதனால் ஒரு முழுத் துருவல் முடிவடைகின்றது. ஒவ்வொரு துருவலுக்கும் $\frac{1}{50}$ விநாடியா கின்றது. ஆகவே ஒரு முழுத் துருவலுக்கு $\frac{1}{25}$ விநாடியாகின்றது. அல்லது காட்சி விநாடிக்கு 25 முறை துருவப்படுகின்றது. காட்சி யில் 405 கோடுகளிருப்பதால் ஒரு விநாடிக்குத் துருவுத் தகவு $405 \times 25 = 10,125$ கோடுகளாகும். கிடைமட்டக் காந்தப்புலம் விநாடிக்கு 10,125 சுற்றுகளுள்ள நேர்க்கோட்டுக் காலவடி

யாலும் செங்குத்துப் புலம் விநாடிக்கு 50 சுற்றுகளுள்ள நேர்க் கோட்டுக் காலவடியாலும் ஆட்சி செய்யப்படுகின்றன. ஒரு கோடு துருவப்பட்ட பிறகு அதைக் குறிப்பதற்கு ஒரு சிறப்புத் துடிப்பு (special pulse) வெளியே அனுப்பப்படுகின்றது. காட்சி முழுவதும் ஒரு முறை துருவப்பட்டபின் வேறொரு சிறப்புத் துடிப்பு அனுப்பப்படுகின்றது. முதலாவது துடிப்பிற்குக் கோட்டு இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்பு (line synchronising pulse) என்றும், இரண்டாவது துடிப்பிற்குச் சட்ட இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்பு (frame synchronising pulse) என்றும் பெயர்.

ஏற்பியிலுள்ள திரையிலும் இதே முறையில் துருவல் நடைபெறுகின்றது. ஒவ்வொரு துருவலிலும் இரு நிலைகளும், ஒவ்வொரு நிலையிலும் 202½ கோடுகளாக, அதாவது முழுத் துருவலிலும் 405 கோடுகளாகத் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு ஒவ்வொரு விநாடிக்கும் 25 துருவல்கள் நடந்து கிடைமட்டத் துருவல் ஒரு விநாடிக்கு 10,125 சுற்றுகளுள்ள காலவடியாலும் செங்குத்துத் துருவல் விநாடிக்கு 50 சுற்றுகளுள்ள காலவடியாலும் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன.

கோட்டு இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்புகளும், சட்ட இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்புகளும் காட்சிகளை அனுப்புவதிலும் அவற்றைத் திரும்பப் பெறுவதிலும் ஒற்றுமையை விளைவிக்கின்றன. காட்சிச்

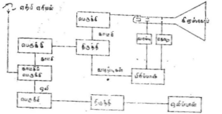


படம் 28.5 (a)
தொலைக் காட்சிப் பரப்பி

சைகைகளோடு இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்புகளும் மின்காந்த அலைகளாக வெளியே அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பியில் இவை பிரிக்கப்பட்டுக் காட்சிச் சைகைகள் ஆட்சி மின்வாய்க்கும் (control

electrode) கோட்டு, சட்ட சைகைகள் கிடைமட்ட செங்குத்துக் காலவடிகளுக்கும் கொடுக்கப்படுகின்றன. இவை ஏற்பியின் திரையில் பரப்பியிலுள்ள காட்சியை அப்படியே தோற்றுவிக்கின்றன. அதாவது காட்சியின் பிம்பம் பல மைல்களுக்கப்பாலுள்ள ஒளிர் திரையில் பெறப்படுகின்றது.

தொலைக்காட்சி தோன்றிய காலத்தில் ஒளியும், ஒலியும் வெவ்வேறு அடுக்கங்களில் செலுத்தப்பட்டன. தற்போது இவையிரண்டும் ஒரே அடுக்கத்தில் செலுத்தப்படுகின்றன. ஏற்பியில் தக்க கருவிகளைக் கொண்டு இவை பிரிக்கப்படுகின்றன. பேசும் தொலைக்காட்சியில் பரப்பியின் அமைப்பும், ஏற்பியின் அமைப்பும் படம் 28.5 (a), (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

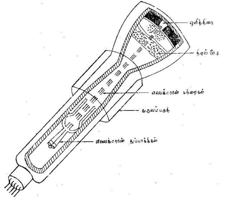


படம் 28.5 (b)
தொலைக் காட்சி ஏற்பி

திரைப்படங்களில் (cinema) வண்ணப் படங்கள் காட்டப்படுவதுபோலத் தொலைக்காட்சியிலும் வண்ணப் படங்களை விஞ்ஞானிகள் உருவாக்கினர். இங்கு வண்ணங்களைப்பற்றி ஓரளவு தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். பல்வேறு வண்ணங்கள் காணப்பட்டாலும் அடிப்படையான வண்ணங்கள் மூன்றுதான். அவை சிவப்பு, பச்சை, நீலம் ஆகியவைகளாகும். இந்த மூன்று அடிப்படை வண்ணங்களை வெவ்வேறு விகிதங்களில் கலப்பதன் மூலம் பல்வேறு வண்ணங்களைத் தோற்றுவிக்கலாம் என்பது தெரிய வந்தது. இதை அடிப்படையாக வைத்தே வண்ணத் தொலைக்காட்சி உருவாக்கப்பட்டது.

நடைமுறையில் வண்ணத் தொலைக்காட்சியில் மேலே சொல்லப்பட்ட மூன்று வண்ணங்களும் வெவ்வேறு விகிதங்களில் கலக்

கப்பட்டுப் பின்னர்ப் பரப்பியிலிருந்து அனுப்பப்படுகின்றன. பரப்பியில் மூன்று வண்ணங்களையும் தனித்தனியே உணருவதற்காக மூன்று வெவ்வேறு குழாய்கள் உள்ளன. இவை ஒவ்வொன்றின் தகட்டின்மீதும் காட்சியின் பிம்பம் வீழ்த்தப்படும். குழாய்களின் ஒரு பகுதியில் அடிப்படை வண்ணங்களுக்கான மின் துடிப்புகள் வண்ணங்களின் விகிதத்திற்கேற்ப ஒவ்வொரு குழாயிலிருந்தும் கிடைக்கும். இவை வெவ்வேறு விகிதங்களில் கலக்கப்பட்டு உரிய கருவிகளால் பெருக்கப்படுகின்றன. பின்னர் ரேடியோ அடுக்க அலைகளுடன் கலக்கப்பட்டு வானவெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன.



படம் 28.6
நிழல்மூடிக் குழாய்

தொலைக்காட்சி ஏற்பியில் வண்ணங்களுக்கான மின் துடிப்புகள் பிரிக்கப்பட்டு, நிழல் மூடிக்குழாய் (shadow mask tube) என்ற குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன. இதன் அமைப்பு படம் 28.6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிழல் மூடிக்குழாய் ஓர் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயாகும். இதில் மூன்று எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கிகள் உள்ளன. இத் துப்பாக்கி

களிலிருந்து செல்லும் எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் மூன்றும் ஒன்றை யொன்று ஒளிர் திரையை அடைவதற்கு முன்னால் குறுக்கிடுமாறு துப்பாக்கிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இவை குறுக்கிடுமிடத்தில் ஒரு மெல்லிய உலோகத் தகடு உள்ளது. இதில் மில்லியன் கணக்கான நுண்ணிய துளைகளுள்ளன. இந்தத் தகட்டிற்குத் தான் நிழல்மூடி என்று பெயர். இத் தகட்டிலுள்ள துளைகளில் தான் எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் ஒன்றையொன்று குறுக்கிடு கின்றன. மூன்று வகைப்பட்ட நின்றொளிர் புள்ளிகள் (phospor dot trios) பதிய வைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடித் தகடு இதில் ஒளிர் திரையாக இயங்குகின்றது. ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் மூன்று வகைப்பட்ட ஒளிர் பொருள்கள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றும் ஓர் அடிப்படை வண்ணத்தில் ஒளிரும். நிழல் மூடியிலுள்ள ஒவ்வொரு துளையுடனும் ஒளிர் திரையிலுள்ள ஒவ்வொரு முக்கூட்டுப் புள்ளியும் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. மேலும், ஒரு குறிப்பிட்ட வண்ண எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து கிளம்பும் எலெக்ட்ரான் கற்றை அதே வண்ணத்தை வெளியிடும் ஒளிர் பொருளின்மேல் மட்டுமே படும்படியாக எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி களும் நிழல்மூடியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகவே, ஒவ் வொரு வண்ணத் துப்பாக்கியிலிருந்து கிளம்பும் எலெக்ட்ரான் கற் றையும் அந்தந்த வண்ண ஒளிர் பொருளையே தாக்கும். துப்பாக்கி களிலிருந்து கிளம்பும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைக் கட்டுப்படுத்தி ஒரு முக்கூட்டுப் புள்ளியில் சிவப்பு, பச்சை, நீல வண்ண ஒளிர் பொருள்கள் வெளியிடும் ஒளி வலிமையைத் தனித் தனியே மாற்றலாம். தூரத்திலிருந்து நோக்கும்பொழுது அவ் வண்ணங்களின் வலிமைக்கேற்பப் பல்வேறு வண்ணங்களை நாம் பார்க்க முடியும். மூன்று எலெக்ட்ரான் கற்றைகளையும் ஒரே நேரத்தில் அசைத்து ஒளிர் திரையின் பரப்பைத் துருவ முடியும். இவ்வாறு வண்ணத் தொலைக்காட்சி வேலை செய்கின்றது. இந்தத் தொலைக் காட்சியை அமைக்க அதிகப் பொருள் செலவாகின்றது. மேலும், நிழல்மூடி கணிசமான அளவு எலெக்ட்ரான்களைத் தடுத்து நிறுத்தி விடுவதால் திரையில் காட்சி ஒளி மிகுந்து காணப்படு வதில்லை.

பின்னப்பட்ட வரிக்கண்ணோட்ட முறையைப்பற்றி முன்னர்க் கூறினோம். அமெரிக்கத் தொலைக்காட்சியில் ஒவ்வொரு படத் திலும் 262½ வரிகள் உள்ளன. காட்சி வினாடிக்கு 60 முறை துருவப்படுகின்றது. இது 525 வரிகளுக்கும் வினாடிக்கு 30 முறை துருவப்படுதலுக்கும் சமமாகும்.

காட்சியின் ஒளிச் செறிவு வரிக் கண்ணோட்டப் புள்ளியின் இடத்தைப் பொறுத்து விரைவாக மாறுவதால் திரையில் காட்சி

தெளிவாகத் தெரிவதற்கு அதிர்வெண் பட்டை அகலம் மிகவும் அதிகமாக இருக்க வேண்டும். அமெரிக்காவில் ஒவ்வொரு தொலைக்காட்சி நிலையத்திற்கும் 6 மெகா சுற்றுகள் / விநாடி (6,000,000 சுற்றுகள் / விநாடி) அகலம் தரப்பட்டுள்ளது (ஒலிபரப்புதலில் ஒவ்வொரு நிலையத்திற்கும் 9,000 சுற்றுகள் / விநாடி அகலமே தரப்பட்டுள்ளது என்பது நாம் அறிந்த தொன்றாகும்) சிற்றலைப்பட்டை, நீளலைப் பட்டைகள் (short wave and long wave) முழுவதிலும் பத்து மீட்டரிலிருந்து பல்லாயிர மீட்டர் நீளத்திலும் உள்ள அடுக்கம் 30 மெகா சுற்றுகள் / விநாடியேயாகும். ஆகவே, இந்த ஒலிபரப்புப் பட்டைகள் முழு வதிலும் ஐந்தே தொலைக்காட்சி நிலையங்களுக்கு மிக அதிக உயரடுக்க எல்லைகள் தரப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக 54—88 மெகா சுற்றுகள் விநாடியில் (வாய்க்கால்கள் 2லிருந்து 6 வரை), 174—216 மெகா சுற்றுகள்/விநாடி (வாய்க்கால்கள் 7லிருந்து 13 வரை) 470—890 மெகா சுற்றுகள் / விநாடி (அதாவது வாய்க்கால்கள் 14 லிருந்து 83 வரை) தரப் பட்டுள்ளன. இதில் அலைநீளங்கள் 5·9 மீட்டரிலிருந்து 34 சென்டி மீட்டர் வரை உள்ளன. ஒரு மீட்டருக்கும் குறைவான அலை நீளங்களுக்குக் குற்றலைகள் (micro waves) என்று பெயர். ஒளியும் ஒலியும் ஒன்றுகப் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்டு வான வெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன.

தொலைக்காட்சி அலைகள் ராடார் அலைகளைப்போல் மிகச் சிறியவை; அதிக அடுக்கங் கொண்டவை. எனவே, இவை அயனமண்டலத்தால் திருப்பப்படுவதில்லை. இந்த அலைகள் வெளி அலைகளாகவே (space waves) தரை மட்டத்திலிருந்து ஏறக் குறைய 10 மைல் தொலைவிலுள்ள ட்ரோபாஸ்பியர் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லுகின்றன. தரைமட்டம் வளைந்திருப்பதால் இந்த அலைகளைப் பரப்பியின் ஏரியலிலிருந்து அடிவானத்திற்கு அப் பால் செலுத்தவியலாது. ரேடியோவைப் போலவே தொலைக் காட்சியிலும் ஒரு நிலைய நிகழ்ச்சிகளை வேறொரு நிலையம் அஞ்சல் செய்கின்றது. ஆனால், அஞ்சல் நிலையங்கள் ஒன்றிற் கொன்று 20 முதல் 50 மைல் இடைவெளிகளில் அமைக்கப்பட வேண்டும். ஒவ்வொரு நிலையமும் அதற்கு முன்னுள்ள நிலையத்தி லிருந்து வரும் நிகழ்ச்சியை வாங்கி, பெருக்கி, அடுத்த நிலையத்தை நோக்கிச் செலுத்துகின்றது. இந்த முறையில் ஒரு நாட்டில் எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் தொலைக்காட்சியை அமைக்க முடியும் என்றாலும் கடல் கடந்த நாடுகளில் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளைத் தொலைக்காட்சி மூலம் காணமுடிவதில்லை. மேலும் சில வேளைகளில் ஒரு நாட்டிற்குள்ளேயே அயன மண்டலத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

களால் தொலைக்காட்சி அலைகள் திசைமாறிச் சென்றுவிடு கின்றன. இந்தக் குறைகளைப் போக்குவதற்கு அண்மையில் விஞ்ஞானிகள் செயற்கைக் கோள்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இந்தச் செயற்கைக் கோள்களில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் அஞ்சல் நிலையங்கள் தரையிலிருந்து வரும் நிகழ்ச்சிகளை ஏற்று அஞ்சல் செய்கின்றன. இம்முறையில் உலகத்தில் ஒரு பகுதியில் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளை வேறு எந்தப் பகுதியிலுள்ள மக்கள் வேண்டுமானு லும் தொலைக்காட்சி மூலம் காணலாம்.

வினுக்கள்

1. ஓர் ஒளி மின்கலத்தின் அமைப்பைப் படத்துடன் விளக்குக.
2. ஒளியினுல் மின்னேட்டம் நிகழ்கின்றது என்பதை ஒரு மின்சுற்றுடன் விளக்குக.
3. தொலைக்காட்சியில் ஓர் ஒளி மின்கலம், எதிர்மின் கதிர்க் குழாய் ஆகியவற்றின் வேலைகளை விவரித்து எழுதுக.
4. தொடக்கத்தில் நிப்கோவ் என்ற விஞ்ஞானி அமைத்த தொலைக்காட்சி முறையை விளக்குக. இந்த முறையில் பரப்பியிலும் ஏற்பியிலும் உள்ள சுழலும் தட்டுகளிடையே யுள்ள ஒற்றுமைகளைத் தொகுத்து வரைக.
5. தொலைக்காட்சியில் தற்காலத்தில் பயன்படும் ஆர்திக் கானின் அமைப்பைப் படத்துடன் விளக்கு.
6. ஆர்திக்கான் இயங்கும் முறையை விவரி.
7. நவீன தொலைக்காட்சியில் ஏற்பியில் எவ்வாறு படம் உருவாக்கப்படுகிறது என்பதை விவரி.
8. வரிக்கண்ணேட்ட முறையில் ஒரு காட்சியைத் துருவும் விதத்தை விளக்குக.
9. ஒரு தொலைக்காட்சியின் தொகுப்புப் படம் வரைந்து அதன் வெவ்வேறு பகுதிகள் தொழிற்படும் முறையை விவரி.
10. வண்ணத் தொலைக்காட்சி தோன்றிய விதத்தைச் சுருக்கி வரைக.
11. நிழல் மூடிக் குழாயைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?

12. தொலைக்காட்சிப் பட்டை அகலத்தைப்பற்றி நீ அறிவது யாது ?

13. ராடாருக்கும் தொலைக்காட்சிக்கு முள்ள ஒற்றுமைகள் யாவை ?

14. ஓர் இலக்கிலிருந்து மற்றோர் இலக்கிற்குக் (point to point) குறிப்பிட்ட திசையில் செய்தியனுப்பும் முறையே மிகச் சிறந்தது. இந்த வகையில் செய்திகளை அனுப்புவதி லும் பெறுவதிலும் உள்ள நன்மைகள் யாவை ?

15. பண்பேற்றத்தில் மூன்று வகைகள் உள்ளன. அவை யாவை ? ஒவ்வொன்றையும் சுருக்கமாக விளக்குக.

16. தொலைக்காட்சி நீண்டகாலத்திற்கு முன்பே தோன்றி யதும் துடிப்புகளைப் பயன்படுத்துவதுமான ஒரு சாதன மாகும். இக்கூற்றை நிறுவுக.

17. ஒரு தொலைக்காட்சி ராடாரைப்போல் விரவு சுற்றுகள், காலச் சுற்றுகள், ரேடியோச் சுற்றுகள், எதிர்மின் கதிர்க் குழாய் ஆகியவற்றை உடையது. இந்தக் கருத்தை நிறுவுக.

18. தொலைக்காட்சியில் படங்களை அனுப்புகின்ற கண்ணுறு பகுதிகளும் ஒலியை அனுப்புகின்ற ஒலிப்பகுதியும் எவ்வாறு தொலைக்காட்சி வாய்க்காலில் அமைக்கப்படு கின்றன?

19. தொலைக்காட்சியில் எதிர்மின் கதிர்க் குழாய்கள் தோன் றும் படத்தைப் பல லென்சுகளைக் கொண்டு பெரிதாக்க லாம். இதனுல் ஏற்படும் நன்மை தீமைகள் யாவை ?

20. தொலைக் காட்சிக்கு மைக்ரோ அலைகளே மிகவும் உகந் தவை. ஏன் ?

29. டிரான்சிஸ்டர்

(Transistor)

எலெக்ட்ரான் இயலில் ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி ஆகியவற்றுடன்கூடக் குறைக்கடத்திகளும், டிரான்சிஸ்டர்களும் அண்மைக்காலக் கண்டுபிடிப்புகளாகும். எனவே, டிரான்சிஸ்டர் களைப்பற்றியும் சிறிது அறிந்து கொள்வது நலமாகும். இதுகாறும் கூறியவற்றிலிருந்து ரேடியோ, ராடார், தொலைக்காட்சி முதலிய கருவிகளில் மின்குழாய்கள் முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன என்பது தெளிவாகும். 1907ஆம் ஆண்டில் செய்யப்பட்ட முதல் டிரயோடு மின்குழாய் விஞ்ஞானத்தில் பல துறைகளில் அற்புத மான விளைவுகளை உண்டுபண்ணியிருப்பதைக் காண்கிறோம். இந்த மின் குழாய் செய்யும் எல்லாவிதப் பணிகளையும் பன்மடங்கு திறமையுடன் செய்வதோடல்லாமல், அதைவிடச் சிறந்த ஆற்ற லும், வேறு சில புதிய குணங்களையுமுடைய ஒரு மிகச் சிறிய சாதனம் 1948 ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதுவே எலெக்ட்ரானியலில் புரட்சிகரமான பலவிளைவுகளை உண்டு பண்ணிய டிரான்சிஸ்டர் என்பதாகும். இது கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மிகக் குறுகிய காலத்திற்குள் மின்குழாய் உபயோகிக்கப்பட்டு வந்த எல்லாத்துறைகளிலும் அவற்றிற்குப் பதிலாக உபயோகத் திற்கு வந்துள்ளது. 1948 ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதத்தில் நியூயார்க் நகரிலுள்ள பெல் தொலைபேசி ஆராய்ச்சி நிலையத்தில், ஆராய்ச்சிகள் நடத்திவந்த வில்லியம் ஷாக்லி (William shockley) ஜே. பார்டீன் (J. Bardeen), W. H. பிராட்டன் (W.H. Br attain) என்பவர்களால் டிரான்சிஸ்டர் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவ் வரிய கண்டுபிடிப்பிற்காக இம் மூவருக்கும் 1956ஆம் ஆண்டில் நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

டிரான்சிஸ்டர், அமைப்பில் மிகவும் சிறியது. ஆனால், அதிக உறுதிவாய்ந்தது. மின் குழாய்கள் கவனமாகப் பாதுகாக்கப் படாவிட்டால் அவை விரைவில் உடைந்துபோகும். டிரான்சிஸ்டர்

அப்படியன்று. மின் குழாய்களில் ஃபிலமெண்டை மின்னோட்டத்தினால் பழுக்கக் காய்ச்சுவதால் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இதற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் மிக அதிகமாகும். மேலும், மின் குழாய்களையுடைய ஒரு ரேடியோ வேலை செய்யும்பொழுது அது விரைவில் சூடாவதைக் காண்கிறோம். இந்த வெப்ப ஆற்றலை உடனுக்குடன் வெளியேற்றாவிடில், கருவி விரைவில் வீணாகிவிடும். டிரான்சிஸ்டர்களில் இந்தத் தொல்லை யில்லை. எலெக்ட்ரான்கள் முற்றிலும் புதிய, ஆற்றலே தேவைப் படாத முறையில் வெளிவிடப்படுகின்றன. நூற்றுக்கும் மேற்பட்ட பாகங்களை இயக்குவதற்குத் தேவைப்படுவது மிக மிகக் குறைவான திறனேயாகும். இவ்வளவு குறைவான திறனில் இயங்கினாலும், வெளிவருகின்ற திறன் மின் குழாய்களைப்போலவே அதிகமாகும். டிரான்சிஸ்டர்களை இயக்குவதற்குத் தேவைப்படும் மின்னழுத்தமும் ஒரு சில வோல்ட்டுகளேயாகும். டிரான்சிஸ்டர்கள், அமைப்பில் சிறியவைகளாக இருப்பதாலும், குறைந்த மின்னழுத்தங்களிலே இயங்கக் கூடியனவாக இருப்பதாலும், டிரான்சிஸ்டர்களாலான ஏற்பிகளும் வேறு கருவிகளும் மிகச்சிறிய உருவில் அமைந்து, ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு எளிதாகத் தூக்கிச் செல்லக் கூடியனவாக இருக்கின்றன.

மேலும், டிரான்சிஸ்டர்கள், நீண்டகாலம் உழைக்கக் கூடியவை. ஒரு டிரான்சிஸ்டர் ஏறக்குறைய 10,000 மணி உழைக்க வல்லது. இவ்வளவு வேலை செய்த பிறகும் அது திடீரெனக் கெட்டுவிடுவதில்லை. நாளடைவில் கொஞ்சங் கொஞ்சமாக அதன் திறன் குறையும். எனவே, டிரான்சிஸ்டர் ஓரளவு பழுதடைய ஆரம்பித்தவுடன், நமது விருப்பம்போல் மாற்றிக் கொள்ளலாம். ஆனால், மின் குழாய்களில் இது முடியாது. மின் குழாய்களைப் பயன்படுத்தும்பொழுது, அவை திடீரெனக் கெட்டு விட்டால் வேலை தொடர்ந்து நடைபெறாது. பழுதடைந்த உறுப்புகள் முற்றிலும் மாற்றப்படும்வரை வேலை அறவே நின்று விடும். டிரான்சிஸ்டர்களைப் பயன்படுத்தினால், இந்தத் தொல்லை இருக்காது.

அணுவின் அமைப்பைப்பற்றியும் வெவ்வேறு அணுக்களிலுள்ள புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களைப்பற்றியும் அத்தியாயம் 2-ல் கூறினோம். புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை எல்லாத் தனிமங்களிலும் ஒன்றாக இருப்பதில்லை. சில தனிமங்கள் அதிகப் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டுள்ளன. வேறு சில தனிமங்களில் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களே இல்லை. புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் மலிந்துள்ள தனிமங்கள் நற்கடத்திகளாகவும் good conductors), புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களே இல்லாத தனி

மங்கள் அரிதிற்கடத்திகளாவும் (non-conductors) உள்ளன. இவை தவிர ஜெர்மேனியம் (germanium), சிலிக்கான் (silicon) போன்ற தனிமங்களை அவற்றில் சில மாறுதல்களை ஏற்படுத்திக் குறைக் கடத்திகளாக்க முடியும். (குறைக் கடத்திகள் - semi conductors) இவையே டிரான்சிஸ்டர்கள் செய்யப் பயன்படு கின்றன. இந்தக் குறைக் கடத்திகள் வெள்ளி, செம்பு போன்று நல்ல கடத்திகளல்ல. மரம், எபொனைட் (ebonite) போன்று கடத்தாப் பொருள்களுமல்ல ; இரண்டிற்கும் இடைப்பட்டவை. இவற்றுடன் சில குறிப்பிட்ட தனிமங்களைச் சேர்த்து அமைத்தால், அவை எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடும். பிறகு மிகச் சிறிதளவு மின்னழுத்தம் கொடுத்தாலும் மின்னோட்டம் ஆரம்பித்துவிடும். இதைச் சிறிது விளக்குவோம்.

ஜெர்மேனியம் அணுவில் 32 எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன. ஜெர்மேனியத்தின் அணு எண் 32 என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இதில் முதல் சுற்றுப் பாதையில் 2 எலெக்ட்ரான்களும், இரண்டா வது சுற்றுப் பாதையில் 8 எலெக்ட்ரான்களும், மூன்றுவது சுற்றுப்பாதையில் 18 எலெக்ட்ரான்களும் ஆக 28 எலெக்ட் ரான்கள் மூடிய சுற்றுப்பாதையி லுள்ளன. மீதி 4 எலெக்ட் ரான்களும் புறப்பணி எலெக்ட்ரான்கள் எனப்படும். இவை அணுவின் கருவிலிருந்து அதிக தூரத்திலுள்ளன. இந்த 4 எலெக்ட் ரான்களும், அருகேயுள்ள வேறு 4 அணுக்களுடன் சேர்த்துப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, ஜெர்மேனியம் புறப்பணி, எலெக்ட்ரான்களற்ற ஓர் அரிதிற் கடத்தியாக உள்ளது. மின் னோட்டத்தை ஏற்றுச் செல்லக் கூடிய புறப்பணி, எலெக்ட்ரான் களை அவற்றின் பிணைப்பிலிருந்து விடுவித்து, ஜெர்மேனியத்தை ஒரு கடத்தியாக மாற்றலாம்.

தூய ஜெர்மேனியத்துடன், இணைதிறன் (valency) 5 ஆக உள்ள பாஸ்வரம் (phosphorous) அல்லது ஆர்செனிக் (arsenic) என்னும் பொருளைச் சிறிதளவு கலந்தால், வியத்தகு மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. ஒரு தனிமத்தின் இணை திறன் 5 என்றால் அதன் அணுவின் வெளிச் சுற்றுப் பாதையில் 5 எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன என்பது தெளிவாகும். இந்த அணுக்கள் ஜெர்மேனியப் படிகத்தில் அமையும் பொழுது, ஒவ்வோர் அணுவிலுமுள்ள 5 எலெக்ட்ரான்களில் நான்கு, தம்மைச் சுற்றியுள்ள 4 ஜெர் மேனிய அணுக்களுடன் பிணைக்கப்பட்டுவிடுகின்றன. மீதமுள்ள 5 ஆவது எலெக்ட்ரான் இவ்வாறு பிணைக்கப்படாததால், அது தனி எலெக்ட்ரானாகிவிடுகிறது. இவ்வாறு ஜெர்மேனியத்துடன் பாஸ்வரம் சேர்ந்தவுடன், ஜெர்மேனியப் படிகத்தில் ஏராளமான

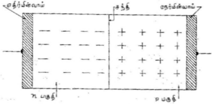
தனி எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. இப்பொழுது படிகத் திற்கு ஒரு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால், உடனே ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்படுகின்றது. இந்த மின்னோட்டம், எலெக்ட் ரான்கள் நேர்மின் வாயை நோக்கிப் பாய்வதால் உண்டாகும். இவ்வாறு இணை திறன் 5 உள்ள கலப்புச் சேர்ந்த ஜெர்மேனியத் திற்கு, *n*-வகை குறைக்கடத்தி (n-tube) என்று பெயர். ஏனெனில் அதில் தனி எதிர்மின்னூட்டங்கள் (negative) அதிகமாகக் கிடைக் கின்றன.

இணை திறன் 5 உள்ள தனிமங்களுக்குப் பதிலாக, இணைதிறன் 3 ஆக உள்ள அலுமினியம் (aluminium), இந்தியம் (indiam) ஆகிய தனிமங்களின் சிறிதளவை ஜெர்மேனியத்துடன் சேர்த் தால், அவ் வணுக்களும் ஜெர்மேனியப் படிகத்தில் அமைகின்றன. அலுமினியம், இந்தியம் ஆகியவற்றின் வெளிச்சுற்றில் 3 எலெக்ட் ரான்களே உள்ளன. இந்த 3 எலெக்ட்ரான்களும், சுற்றிலுமுள்ள 3 ஜெர்மேனிய அணுக்களுடன் பிணைக்கப்படுகின்றன. ஆனால், நான்காவது ஜெர்மேனிய அணுவுடன் பிணைபட, எலெக்ட்ரான் இல்லை. எனவே, அங்கு ஒரு துளையிருப்பதாகக் கருதப்படுகின்றது. அதற்கு மின் துளை (hole) என்று பெயர். படிகத்திலிருந்து அதிர்வுகளினால் மற்ற அணுக்கள் அதனருகில் வரும்பொழுது ஏதாவதோர் அணுவிலிருக்கும் எலெக்ட்ரான் இந்தத் துளையில் சேர்ந்துவிடுகிறது. ஆகவே அம் மின்துளை வேறோர் அணுவிற்குச் சென்றுவிடுகிறது. இவ்வாறு ஒரு தனி எலெக்ட்ரான் செல்லுவது போலவே, இம் மின் துளையும் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குச் செல்லுகின்றது. இப் படிகத்தின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால், இம் மின் துளைகள் எதிர்மின் வாயை நோக்கிச் செல்லுகின்றன. இவ்வாறு ஒரு மின்னோட்டம் உண்டாகின்றது. இந்த ஜெர்மேனியத்திற்குப் *P* வகை ஜெர்மேனி யம் (P-type) என்று பெயர். ஏனெனில், இங்கு ஏற்படுகின்ற மின் துளைகள் நேர்மின்னூட்டத்திற்குச் (positive) சமமாகும்.

இவ்வாறு இணை திறன் 5 அல்லது 3 உடைய தனிமங்களை (பாஸ்வரம், ஆர்செனிக், ஆன்டிமனி போன்றவை இணை திறன் 5 உடையவை; அலுமினியம், இந்தியம், கேலியம், போரான் ஆகியவை இணைதிறன் 3 உடையவை) ஒரு சிறிதளவு இணைதிறன் 4 உடைய ஜெர்மேனியத்துடன் கலந்தால் தனி எலெக்ட் ரான்களோ (*n*) அல்லது தனி மின்துளைகளோ (*P*) ஏராளமாக உண்டாகி, மின்னோட்டத்தை இயக்குகின்றன. இதுவே டிரான் சிஸ்டரின் அடிப்படைத் தத்துவமாகும்.

மேலே கூறப்பட்டவாறு, வேற்றுத் தனிமங்களின் சேர்க்கையால் இயற்கையில் அரிதிற் கடத்தியாக அமைந்துள்ளபோதிலும், கடத்தியாக மாற்றப்பட்ட ஜெர்மேனிய அணு குறைக்கடத்தியென்று அழைக்கப்படுகின்றது. முதல் வகையில் பாஸ்வரம், ஆர்செனிக் போன்ற அணுக்கள் தங்களிடம் எஞ்சிய எலெக்ட்ரானை மின்னோட்டத்தைக் கடத்துவதற்குக் கொடுப்பதால், கொடை அணுக்கள் (donor atoms or donors) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இரண்டாவது வகையில் போரான் போன்ற 3 புறப்பணி எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்ட வேற்றணுக்கள் தங்களுக்குத் தேவைப்படும் எலெக்ட்ரான்களை ஜெர்மேனியம் அணுக்களிலிருந்து பெற்றுக்கொண்டு மின்துளைகளை உருவாக்குவதால், இவற்றிற்கு ஏற்பு அணுக்கள் (acceptor atoms or acceptors) என்று பெயர். முதல் வகை, n வகையைச் சேர்ந்ததென்றும்; இரண்டாவது P வகையைச் சேர்ந்ததென்றும் முன்பே கூறினோம்.

இனி, இந்தக் குறைக் கடத்திகள் தொழிற்படும் விதத்தைப் பற்றிச் சிறிது விளக்குவோம். இவற்றின் தொழிற்படும் முறை வெளி மின்னூட்டச் சமநிலை (space charge neutrality) என்பதாகும். இதன்படி குறைக் கடத்தியின் ஒரு பகுதியிலுள்ள மொத்த நேர் மின்னூட்டங்களும் (positive charges - மின்துளைகள்)



படம் 29.1
டயோடின் அமைப்பு

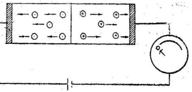
அதே பகுதியிலுள்ள மொத்த எதிர்மின்னூட்டங்களும் (negetive charges - எலெக்ட்ரான்கள்) சமமாக இருக்கும். n வகை, P வகைக் கடத்திகளை வெவ்வேறு முறைகளில் பொருத்திப் பல வகை டிரான்சிஸ்டர்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகளில் முக்கியமானவை டயோடு, டிரயோடு ஆகியவையாகும்.

NEMARA PUBLIC LIBRA
1983

டயோடு (Diode)

இதன் அமைப்பு, படம் 29.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரே படிகத்தில் P வகைப் பகுதியும், n வகைப் பகுதியும் ஏற்படுகின்றன. இரண்டு பகுதிகளையும் பிரிக்கும் பொதுவான பகுதி சந்தி (junction) என அழைக்கப்படுகின்றது. P பகுதியுடன் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் இணைப்பை நேர்மின்வாய் என்றும், n பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் அமைப்பை எதிர்மின்வாய் என்றும் கூறுவர்.

மேலே கூறப்பட்ட அமைப்பை ஒரு மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்துவோம். முதலில் ஒரு திசை மின்னழுத்தத்தைத் தரக் கூடிய ஒரு மின்கல அடுக்கைப் படம் 29.2 ல் காட்டியவாறு இணைப்பதாகக் கொள்வோம். படத்தில் டயோடின் நேர்மின்வாய் மின்கலத்தின் எதிர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டு எதிர்மின்

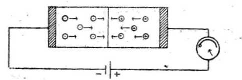


படம் 29.2
டயோடின் நேர்மின்வாய் – மின்கலத்தின் எதிர் மின்வாய் இணைப்பு

னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டுள்ளது. டயோடின் எதிர்மின்வாய் மின்கல அடுக்கின் நேர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டு, நேர்மின்னழுத்தத்திற்குட்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எனவே, P பகுதியிலுள்ள துளைகள் எதிர்மின்வாயை நோக்கியும், n பகுதியிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கியும் சந்தியைவிட்டு விலகிச் செல்லுகின்றன. P, n சந்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. ஆகவே, டயோடின் வழியாக மின்னோட்டம் செல்வதில்லை. இதற்கு எதிர்நிலை மின்னழுத்தம் (reverse bias) என்று பெயர்.

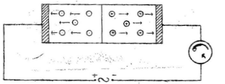
படம் 29.3 ல் மின்கல அடுக்கின் வாய்கள் மாற்றியமைக்கப்பட்டுள்ளன. இங்கு டயோடின் நேர்மின்வாய் நேர்மின்னழுத்தத்திற்கும், எதிர்மின்வாய் எதிர்மின்னழுத்தத்திற்கும் உட்படுத்

தப்பட்டுள்ளன. எனவே, P பகுதியிலுள்ள மின்துளைகள் எதிர் மின்வாயை நோக்கியும், n பகுதியிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள்

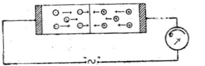


படம் 29.3
டயோடில் நேர்மின்வாய் - மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் இணைப்பு

நேர்மின்வாயை நோக்கியும் P, n சந்தியைக் கடந்து செல்லுகின்றன. இதனால் டயோடின் இரு முனைகளுக்கிடையே சிறிதளவே



படம் 29.4 (a)
மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தில் டயோடு



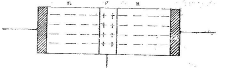
படம் 29.4 (b)
மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தில் டயோடு

மின்னழுத்தம் கொடுத்தபோதிலும் P, n சந்திவழியே அதிகமான அளவு மின்னோட்டம் நிகழ்கின்றது. இப்பொழுது டயோடு நேர்

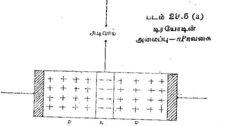
நிலை மின்னழுத்தத்திற்கு (forward bias) உட்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது என்கிறோம்.

மேலே கூறப்பட்டவற்றிலிருந்து, டயோடு மின்னோட்டத்தை ஒரே திசையில் செலுத்தவல்லது என்பது தெளிவாகின்றது. இத்தகைய டயோடை மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தினால் என்ன நிகழும் என்று இனிப் பார்ப்போம். டயோடு மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படும்போது உரிய சுற்று, படம் 29.4 (a) & (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு உட்படும் பொழுது மின்னழுத்தத்தின் பாதிச் சுற்றில் டயோடு எதிர்நிலை மின்னழுத்தத்திற்கும்,



படம் 29.5 (a)
டிரயோடின் அமைப்பு—nPnவகை



படம் 29.5 (b)
டிரயோடின் அமைப்பு—PnP வகை

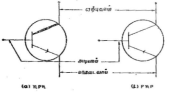
மறுபாதிச் சுற்றில் நேர்நிலை மின்னழுத்தத்திற்கும் உட்படுகின்றது. எனவே, டயோடில் ஒருபாதிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழும்;

மறுபாதிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் அறவே நின்றுவிடும். ஆகவே, இதைப் பகுப்பானகவும் (detector), திருத்தியாகவும் (rectifier) பயன்படுத்தலாம் என்பது புலனுகின்றது.

டிரயோடு (Triode) :

இது டிரயோடு மின்குழாய்க்கு (triode valve) ஒப்பானதாகும். இதில் மொத்தம் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. இரண்டு n பகுதி களுக்கிடையே ஒரு P பகுதி அல்லது இரண்டு P பகுதிகளுக் கிடையே ஒரு n பகுதி. முதல் வகைக்கு nPn டிரான்சிஸ்டர் என்றும், இரண்டாவது வகைக்கு PnP டிரான்சிஸ்டர் என்றும் பெயர். இவற்றின் அமைப்பு, படம் 29.5 (a), (b) ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

நடுவிலுள்ள P அல்லது n பகுதி, டிரான்சிஸ்டர் அடிவாய் (base of transistor) என்று அழைக்கப்படுகின்றது. நடுப்பகுதிக் கும் அதையடுத்துள்ள ஒரு பகுதிக்கும் இடையேயுள்ள சந்தி யைக் கொடைவாய்ச் சந்தி (emitter junction) என்றும், மற்ெருரு

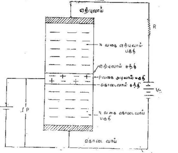


படம் 29.6
டிரயோடு குறியீட்டுமுறை

சந்தியை ஏற்புவாய்ச் சந்தி (collector junction) என்றும் அழைக் கலாம். இவற்றின் குறியீட்டு முறை படம் 29.6 (a), (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 29.6 (a) யில் nPn டிரான்சிஸ்டரும் 29.6 (b) ல் PnP டிரான்சிஸ்டரும் காட்டப்பட்டுள்ளது. அம்புக்குறி கொடைவாயைக் குறிக்கின்றது.

ஒரு nPn டிரான்சிஸ்டரைப் படம் 29.7 ல் காட்டியபடி இணைப்போம். படத்தில் IP என்று உள்ளீடு பகுதி (input) அதன் மூலமாகக் கொடைவாய், அடிவாய்; இவற்றுக்கிடையே V_1 என்ற ஒரு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதாகக் கொள்வோம்.

V_2 என்பது ஏற்பு வாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகின்ற நேர் மின்னழுத்தமாகும். எனவே, V_2 மின்னழுத்தத்தால் ஏற்பு வாய்ச் சந்தி எதிர்நிலை மின்னழுத்தத்திற்கும், V_1 மின்னழுத்தத்தால் கொடை வாய்ச் சந்தி நேர்நிலை மின்னழுத்தத்திற்கும்



படம் 29.7
டிரயோடு—பெருக்கி

உட்படுகின்றன. ஆகவே, எலெக்ட்ரான்கள் கொடைவாய்ச் சந்தி வழியாக அடிவாய்ப் பகுதிக்குள் செலுத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு செலுத்தப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் ஏற்புவாய் V_2-வின் நேர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், ஏற்பு வாய்ச் சந்தியைக் கடந்து R வழியாக ஏற்பு வாய்ச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை உண்டுபண்ணுகின்றன.

இதை வெளி மின்னூட்டச் சமநிலை என்ற கொள்கையின் அடிப்படையில் காண்போம். அடிவாய்ப்பகுதியிலுள்ளவை மின் துளைகளாதலால், அவை அப் பகுதியின் வழியாகச் சமமான அளவு எலெக்ட்ரான்களைக் கடத்தும். எனவே, V_1ன் மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்து அடிவாய்ப் பகுதியில் நேர்மின்னூட்டத்தை அதிகரிக்கவோ அல்லது V_1 ஐக் குறைத்து மின்னூட்டத்தைக் குறைக்கவோ முடியும். V_1 ஒரு மாறு மின்னழுத்தமாக இருந்தால் அடிவாயின் நேர்மின்னழுத்தம் கூடி, குறையும். எனவே, அடிவாய்ச் சுற்றில் (கொடைவாய், அடிவாய், V_1 அடங்கிய

சுற்று) ஏற்படும் மின்னோட்ட மாறுதல்கள், ஏற்பு வாய்ச் சுற்றில் (ஏற்புவாய், அடிவாய், V_3 அடங்கிய சுற்று) விரிவாக்கப்பட்டுக் கிடைக்கின்றன. ஏற்புவாய் மின்னோட்ட மதிப்பில் ஏற்படும் மாறுதல்களுக்கும், அடிவாய் மின்னோட்ட மதிப்பில் ஏற்படும் மாறுதல்களுக்கும் உள்ள தகவு மின்னோட்டப் பெருக்கு எண் (current amplification factor) என்றழைக்கப்படுகின்றது. அதாவது மின்னோட்டப் பெருக்கு எண்,

$$= \frac{\text{ஏற்புவாய் மின்னோட்ட மதிப்பு மாற்றம்}}{\text{அடிவாய் மின்னோட்ட மதிப்பு மாற்றம்}}$$

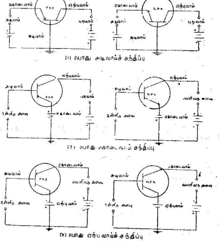
ஆகும். இதை ஒரு சாதாரண டிரயோடு மின்குழாயுடன் ஒப்பிட்டு நோக்குங்கால், டிரயோடு டிரான்சிஸ்டர் டிரயோடு மின்குழாயுடன் எல்லா விதத்திலும் ஒத்துள்ளது என்பது தெளிவாகும். மின்குழாயின் நேர்மின்வாய்க்கு ஒத்த, டிரான்சிஸ்டர் ஏற்புவாய்க்கு நேர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகின்றது. மின் குழாயின் எதிர்மின்வாயையொத்த டிரான்சிஸ்டரின் கொடைவாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவை ஏற்புவாயைச் சென்றடைகின்றன. உள்ளிடு அளவு மின்னழுத்தம் (input-voltage) மின்குழாயின் கிரிடுக்கு ஒத்த அடிவாய்மூலம் கொடுக்கப்படுகின்றது.

டிரான்சிஸ்டருக்கும், மின்குழாய்க்கும் இவ்வளவு ஒற்றுமைகள் இருந்தபோதிலும், ஒரு முக்கிய வேற்றுமையும் உள்ளது. டிரான்சிஸ்டரின் மின்னெதிர்ப்பு (impedance), மின்குழாயிலுள்ளதைவிட மிகக்குறைவாகும். எனவே, டிரான்சிஸ்டர்கள் மின்னோட்டக் கட்டுப்பாட்டுக் (current controlled) கருவிகளாகவும், மின்குழாய்கள் மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாட்டுக் (voltage controlled) கருவிகளாகவும் கருதப்படுகின்றன.

டிரான்சிஸ்டர்களைப்பற்றி இதுவரை கூறப்பட்டவை *nPn*, *PnP* ஆகிய இரு வகைகளுக்கும் பொருந்தும். *PnP* டிரான்சிஸ்டர்களுக்கு, *nPn* டிரான்சிஸ்டர்களின் குணங்களிருந்தாலும், தொழிற்படும்பொழுது மின்னழுத்தங்களின் மின்வாய்களும், மின்னோட்டங்களின் திசைகளும் மாறுபட்டிருக்கும். எனவே, டிரான்சிஸ்டர்களில், நிரப்பு (complimentary) டிரான்சிஸ்டர்கள் இருக்கின்றன. இத்தகைய அமைப்பு மின் குழாய்களில் கிடையாது. இதன் பயனுக மின் குழாய்களைக்கொண்டு அமைக்க முடியாத பல சுற்றுகளை, டிரான்சிஸ்டர்களைக் கொண்டு அமைக்க முடியும்.

nPn அல்லது *PnP* டிரான்சிஸ்டர்களைப் பெருக்கிகளாகப் பயன்படுத்தும்பொழுது, அவையடங்கிய மின்சுற்றுகளை மூன்று

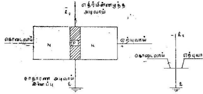
வகையாக அமைக்கலாம், அவையாவன: (1) பொது அடி வாய்ச் சுற்றமைப்பு (2) பொதுக் கொடை வாய்ச் சுற்றமைப்பு, (3) பொது ஏற்புவாய்ச் சுற்றமைப்பு. இந்த ஒவ்வொரு வகைச் சுற்றுகளிலும் குறிப்பிட்ட நன்மைகளும் இடையூறுகளும் உண்டு. எந்தவகையான சுற்றைப் பயன்படுத்தினாலும் கொடைவாய் நேர் நிலை மின்னழுத்தமும் ஏற்புவாய் எதிர்நிலை மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படுவதைக் காணலாம். இதன் காரணமாக *PnP*



படம் 29.8
டிரயோடு சுற்றுகள்

டிரான்சிஸ்டரில் கொடைவாய் நேர்மின்னழுத்தமும் ஏற்புவாய் எதிர் மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படுகின்றன. *nPn* டிரான் சிஸ்டரில் இவை மாறுபட்ட திசையில் கொடுக்கப்படுகின்றன. இதைத் தவிர *PnP* சுற்றுகளும் *nPn* சுற்றுகளும் எல்லா விதத்திலும் ஒத்தவை. இச்சுற்றுகளின் அமைப்பு படம் 29.8-ல் காட்டப்

பட்டுள்ளது. பொது அடிவாய்ச் சுற்றமைப்பு தரையுடன் இணைக்கப்பட்ட கிரிடையுடைய டிரயோடு மின்குழாய்ச் சுற்றுக்கு ஒப்பானது. இதில் உள்ளிடு பகுதி மின்தடை, மிகக் குறை வாகவும்; வெளிவரு பகுதி மின்தடை, மிக அதிகமாகவும் இருக்கும். மின்னோட்ட லாபம் (current gain) ஒன்றுக்குக் குறைவாகவும் இருக்கும். இந்தச் சுற்றில் கட்டபேத மாறுதல் ஏற்படுவதில்லை. பொதுக் கொடைவாய்ச் சுற்று எல்லா வகைகளிலும் மிகச் சிறந்தது. இது தரையுடன் இணைக்கப்பட்ட எதிர்மின்வாயை யுடைய, டிரயோடு மின்குழாய்ச் சுற்றை எல்லா விதத்திலும் ஒத்திருக்கும். மின்குழாய்ச் சுற்றைப்போலவே இந்த டிரான் சிஸ்டர் சுற்றும் வெளிவரு சைகையை (output signal) உள்ளிடு சைகையுடன் ஒப்பிடும்பொழுது கட்டபேத மாறுதலுக்குட் படுத்தும். பொது அடிவாய்ச் சுற்றுடன் ஒப்பிடும்பொழுது, இந்தச் சுற்று அதிக உள்ளிடு மின்தடையையும், குறைந்த வெளி வருபகுதி மின் தடையையும் பெற்றிருக்கும். மேலும், இந்தச் சுற்று மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தையும், திறன் லாபத்தையும் (power gain) கொடுக்கின்றது. பொது ஏற்புவாய்ச் சுற்று தரையோடு இணைக்கப்பட்ட நேர்மின் வாயையுடைய, டிரயோடு மின்குழாய்ச் சுற்றுக்கு ஒப்பானது. இது மின்னெதிர்ப்புப் பொருத்தத்தை அடைவதற்குப் பயன்படுகிறது. இந்தச் சுற்றில் மிக அதிக உள்ளிடு பகுதி மின்தடையும், மிகக் குறைந்த வெளிவரு பகுதி மின்தடையும் ஒன்றுக்குக் குறைந்த மின்னழுத்த லாபமும் பெறப் படுகின்றன.

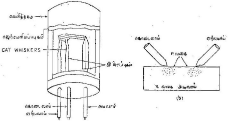


படம் 29.9
சந்தி டெட்ரோடு

டிரான்சிஸ்டர்களில் அண்மைக்காலக் கண்டுபிடிப்புகளில் சந்தி டெட்ரோடு டிரான்சிஸ்டர் (junction tetrode transistor) என்பதொன்றாகும். இதன் அமைப்பு, படம் 29.9-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

இதில் அடிவாயுடன் எதிர் முறையில் சார்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்ட (negatively biased) ஓர் இணைப்புச் சேர்க்கப் பட்டுள்ளது. இது உயர்மட்ட அடுக்கத்தின் எல்லையை (alpha cut-off frequency) மேலும் அதிகரிக்கிறது.

புள்ளியில் தொடும் டிரான்சிஸ்டர் (point contact transister) என்பது நவீன சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் முன்னோடியாகும். இது தொடக்கத்தில் ரேடியோவில் பயன்படுத்தப்பட்ட படிகத் திருத்தி களுக்கு ஒப்பானது. இதன் அமைப்பு, படம் 29.10 ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு கூரிய முனைகளை யுடைய டங்ஸ்



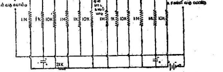
படம் 29.10
புள்ளியில் தொடும் டிரான்சிஸ்டர்

டன் மின்வாய்கள் ஒரு ஜெர்மேனியப் படிகத்துடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இந்த இரு டங்ஸ்டன் மின்வாய்களுக்கு ‘Cat Whiskers’ என்று பெயர். இவற்றில் ஒன்று கொடைவாயாகவும் மற்றொன்று ஏற்பு வாயாகவும் தொழிற்படுகின்றன. இந்த டிரான் சிஸ்டர் காற்றினுல் பாதிக்கப்படாமல் இருப்பதற்காக ஒரு பிளாஸ் டிக் கூட்டிற்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

ஒரு சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (uni junction transister), புழல் டயோடு (tunnel diode), ஜீனர் டயோடு (zener diode), சிலிகன் கட்டுப்படுத்தும் திருத்தி (silicon controlled rectifier) ஆகியவை டிரான்சிஸ்டரில், அண்மைக்காலக் கண்டுபிடிப்புகளாகும். ஒரு சந்தி டிரான்சிஸ்டரில் இரண்டு அடிவாய்கள் உள்ளன. இது *Pn* சந்தி வகையைச் சேர்ந்தது, இதில் ஓர் எதிர்மின்தடை (negetive resistance) தொழிற்படுகின்றது. எதிர்மின்தடை சிறப்

பியல்பு, நேர்மின்னழுத்தக் கொடைவாய் மின்னழுத்தத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. இது அலேவியற்றியாகவும், காலச் சுற்ருகவும் (timing circuits) பயன்படுகின்றது. புழல் டயோடுகள் மிகக் குறுகிய *Pn* சந்திகளேயுடையனவாக இருக்கின்றன. விநாடிக்கு ஆயிரக்கணக்கான மெகா சுற்றுகளேயுடைய மைக்ரோ அலேவரிசையிலும், ஒரு விநாடியில், ஒரு பிலியனில் (billion) ஒரு பாகத்திற்குச் சுற்றுகளே இணேப்பதிலோ, துண்டிப்பதிலோ உள்ள சாதனங்களிலும் இது பயன்படுகின்றது. எதிர்மின்தடை சிறப்பியல்பு காரணமாகப் புழல் டயோடுகள் அலேவியற்றிகளா கவும், உயரடுக்கப் பெருக்கிகளாகவும் பயன்படுகின்றன. ஜீனர் டயோடுகள் எதிர்நிலே மின்னழுத்தத்தையுடைய சிலிகன் *Pn* சந்திகளே யுடையன. இது மின்னழுத்தங்களேச் சீர் செய்வதற் குப் பயன்படுகின்றது, சிலிகன் கட்டுப்படுத்தும் திருத்தி, வாயு நிரப்பப்பட்ட தைரட்ரானு (thyratron) க்கு இணேயானது. இவை மிக அதிக மின்ளுேட்டமுள்ள சுற்றுகளேக் கட்டுப்படுத்தப் பயன் படுகின்றன.

நான்கு டிரான்சிஸ்டர்களேயுடைய ஓர் ஒலி பெருக்கிச் சுற்றின் அமைப்பு, படம் 29.11 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் நான்கு டிரான்சிஸ்டர்களும் *nPn* வகையைச் சார்ந்தவை. இவை



படம் 29.11
நான்கு டிரான்சிஸ்டர் ஒலிபெருக்கிச் சுற்று

மின்தடை-மின்தேக்கி, தொகுப்பு முறையில் ஒன்ருேடொன்று இணேக்கப்பட்டுள்ளன. இவை செவியுறு வெளிவரு பகுதி மின் னழுத்தங்களே 2,500 மடங்குவரை பெருக்கவல்லன. இந்தச் சுற்று ஒரு சாதாரண மின்குழாய்ச் சுற்றை ஒத்திருப்பதைக் காண லாம்.

இதுகாறும் கூறப்பட்டவைகளிலிருந்து டிரான்சிஸ்டர்கள் தங்கள் தொழிற்படும் முறையில் மின்குழாய்களைப் பலவிதத்திலும் ஒத்திருக்கின்றன என்பது புலனாகும். மின்குழாய்களைப்போலவே டிரான்சிஸ்டர்களையும், திருத்திகளாகவும் பெருக்கிகளாகவும், அலைவியற்றிகளாகவும், பகுப்பான்களாகவும் பயன்படுத்தலாமென்பது தெரிகின்றது. உருவில் சிறியவையாக இருந்தபோதிலும் டிரான்சிஸ்டர்கள், மின்குழாய்கள் செய்யக்கூடிய எல்லா வேலைகளையும் செய்கின்றன. டிரான்சிஸ்டர்கள் குறைந்த மின்னூற்றலைக் கொண்டு இயங்குவதால் எளிதில் சூடாவதில்லை. ஆகவே, இவை தொடக்கத்தில், செவிப்புலனுதவிச் சாதனங்கள் (hearing aids) எளிதில் சுமந்து செல்லக்கூடிய சிறிய ரேடியோக்கள் ஆகியவற்றில்மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்ட போதிலும் மிகக் குறுகிய காலத்திற்குள் தானே இயங்கும் தொலைபேசி அலுவலகங்கள் (automatic telephone exchanges), தொழிற்சாலைகள், கணக்கிடும் பொறிகள் (computors), ஏவுகணைகள் (mississiles), செயற்கைக் கோள்கள் (artificial sattellites) ஆகியவற்றில் பயன்படுமளவிற்கு முன்னேற்றமடைந்து விளங்குகின்றன. மேலும், எளிதில் பழுதடையாமல் குறைந்த எடையுடன், குறைந்த இடத்தில் இயங்குகின்றன. மின்குழாய்களை விடக் குறைந்த உறுப்புகளைக் கொண்டு எல்லா வேலைகளையும் திறம்படச் செய்கின்றன.

டிரான்சிஸ்டர்களில் சந்தியின் கனம் மிகக்குறைவாக இருப்பதால் அவை ஒரு மின்தேக்கியாகத் தொழிற்படலாம். அப்பொழுது அவற்றிற்கு அதிக மின்தேக்குத் திறனுண்டு. ஆகவே, டிரான்சிஸ்டர்கள் தொழிற்படும் அடுக்கத்திற்கு ஓர் உச்ச வரையறையுண்டு. இது மின்குழாய்களில் இல்லை. மேலும், டிரான்சிஸ்டரிலுள்ள மின்கடத்தும் எலெக்ட்ரான்கள், துளைகள் ஆகியவை நிலையைப் பொறுத்து மாறும். ஆகவே, இவை வெப்பநிலை உணர்ச்சியுடையவைகளாக இருக்கின்றன. எனவே, டிரான்சிஸ்டர்களில் தேவைப்படாத இரைச்சல்கள் ஏற்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. மின் குழாய்களுக்கும் டிரான்சிஸ்டர்களுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள் யாவை ?
2. குறைக் கடத்திகள் என்பவை யாவை ? அவற்றின் தன்மைக்குக் காரணம் கூறுக.
3. n வகை ஜெர்மேனியம், P வகை ஜெர்மேனியம் ஆகியவற்றை விளக்குக.

4. ஒரு டயோடு டிரான்சிஸ்டரின் அமைப்பைப் படம் வரைந்து விளக்கு. இத்தகைய டிரான்சிஸ்டரோடு ஒரு மின்கலத்தை இரு வகைகளிலும் இணைப்பதால் ஏற்படும் விளைவுகளை விவரி.

5. ஒரு டயோடு டிரான்சிஸ்டருக்கு ஓர் எதிர்திசை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதால் ஏற்படும் விளைவுகளை விவரிக்க.

6. ஒரு *n.P.n* அல்லது *P.n.P* டிரான்சிஸ்டரின் படம் வரைந்து அது தொழிற்படும் முறையை விளக்குக.

7. ஒரு டயோடு டிரான்சிஸ்டரைத் திருத்தியாகவும், பகுப்பானகவும் எவ்வாறு பயன்படுத்தலாம்?

8. ஒரு *n.P.n* அல்லது *P.n.P* டிரான்சிஸ்டரைப் பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தும் முறையைப் படங்களுடன் விளக்குக.

9. ஒரு டெட்ரோடு டிரான்சிஸ்டர், புள்ளியில் தொடும் டிரான்சிஸ்டர், ஒற்றைச் சந்தி டிரான்சிஸ்டர், புழல் டயோடு ஆகியவற்றைப்பற்றிப் படங்களுடன் விளக்குக.

10. நான்கு டிரான்சிஸ்டர்களையுடைய ஓர் ஒலிபெருக்கிச் சுற்றைப் படத்துடன் விளக்குக.

11. நவீன கண்டுபிடிப்புகளில் டிரான்சிஸ்டர் இயங்கும் முறைகளை விவரி.

12. சிறு குறிப்பு வரைக:

(a) மின் குழாய்களும் டிரான்சிஸ்டர்களும்.

(b) குறைக் கடத்திகள்.

(c) மின் துளைகள்.

(d) ஏற்பு அணுக்களும் கொடை அணுக்களும்.

(e) ஜீனர் டயோடுகள்.

(f) சிலிக்கன் கட்டுப்பாடு திருத்தி.

30. மேசர்களும் லேசர்களும்

(Masers and Lasers)

மைக்ரோ எலெக்ட்ரானியல் (Micro-electronics) :

ராடாரைப்பற்றித் தெரிந்து கொள்ளும்போது மைக்ரோ எலெக்ட்ரானியலைப்பற்றியும், அதிலும் குறிப்பாக மேசர்கள், லேசர்கள் ஆகியவற்றைப்பற்றியும் சிறிது தெரிந்து கொள்வது நலம். ஏனெனில், மேசர்களும் மைக்ரோ அலைவரிசையிலேயே தொழிற்படுகின்றன. லேசர்கள், மேசர்களின் அடிப்படையில், ஆனால், ஒளிப் பகுதியில் இயங்குவனவாகும். மேசர், லேசர்களைப் பயன்படுத்தி ராடார் முறையில், இலக்குகளின் தூரங்களை மிகத் துல்லியமாக அளக்கலாம். மேலும் லேசர்களைப் பயன்படுத்தி இப்போதுள்ளதைவிட மிக அதிக தூரத்திலுள்ள இலக்குகளையும் எளிதாகக் கண்டறியலாம்.

எலெக்ட்ரானியல் வெகு துரிதமாக முன்னேறிக் கொண்டிருக்கிறது. இந்த முன்னேற்றம் அடுத்த பத்தாண்டுகளுக்குள் நிச்சயமாகத் தற்போதுள்ள ராடார், தொலைக்காட்சி, குறைக் கடத்திகள், டிரான்சிஸ்டர்கள் ஆகியவற்றைப் பழையனவாக்கிவிடும். திண்ம நிலையில் (solid state) விஞ்ஞானிகளின் ஆராய்ச்சிகள் டிரான்சிஸ்டர்கள், புழல் டயோடு ஆகியவற்றை மட்டுமல்லாமல், வேரிஸ்டார் டயோடு (a nonlinear resistor); கிரயோட்ரான் (cryotron), சூரிய மின்கல அடுக்கு (solar battery); மேசர், லேசர் போன்ற வியத்தகு புதிய கண்டுபிடிப்புகளையும் நமக்கு அளித்துள்ளன. இந்தப் புதிய கண்டுபிடிப்புகளுக்குப் பொறியியல் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள நுட்பமான முன்னேற்றங்களும் பெருமளவில் உதவியுள்ளன. கண்ணாடித் தட்டில் அணு அல்லது மூலக்கூறு ஏடுகளை (atomic or molecular films) ஆவியாக்குதலையும், எலெக்ட்ரான்கள், லேசர் கதிர்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டு மிக நுண்ணிய பகுதிகளை மைக்ரோ இயந்திர முறையில் (micro machining) உருவாக்குதலையும், பொறியியல் நுட்பங்கட்கு

எடுத்துக்காட்டாகச் சொல்லலாம். சிறிது காலங்களுக்கு முன்பு தனித்தனி எலெக்ட்ரானியல் பகுதிகள் செய்து வந்த பலதரப்பட்ட வேலேகளைத் தானே ஒன்ருகச் செய்கின்ற மைக்ரோ மாடியூல்கள் (micro modules), தொகுமின் சுற்றுகள் (integrated circuits) ஆகியவற்றைத் திண்ம நிலையில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்களும், பொறியியல் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்களும் ஒருங்கு சேர்ந்து நமக்கு அளித்துள்ளன.

மைக்ரோ எலெக்ட்ரானியலிலும், மைக்ரோ சுற்றுகளிலும் நாம் இதுவரை அறிந்துள்ள எலெக்ட்ரானியல் பகுதிகள் பன்மடங்கு சிறியவாகவும், எடை குறைந்தனவாகவும் உள்ளன. வானவெளி யில் எறியப்படுகின்ற ஆயுதங்களிலும் (missiles), வானவெளி ஆராய்ச்சியிலும் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்ற பொருள்கள் எடை குறைவாகவும், குறைந்த இடத்தை நிரப்ப வேண்டுவனவாகவும் உள்ளதே இந்தத் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்களுக்குக் காரணமாகும். மனிதனின் வானவெளி ஆராய்ச்சி எலெக்ட்ரானி யலுக்கு ஒரு வரமாக (boon) அமைந்தது. இதனுல் எலெக்ட் ரானியல் உறுப்புகளின் பருமன், எடை ஆகியவை குறைந்தது மட்டுமல்லாமல், இவற்றில் தேவைப்படுகிற ஆற்றலும் பெருமளவு குறைந்துவிட்டது. மேலும், அவற்றின் தொழிற்படு திறமையும் உயர்ந்து விட்டது. இந்தத் திறமை உயர்வே மைக்ரோ நுண்ண மைப்பு (micro miniaturaisation) முறை உருவாகக் காரணமாகும். தற்கால எலெக்ட்ரானியலில் மிகச் சிக்கலான கருவிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றில் பல்லாயிரக் கணக்கான பகுதி களும் உறுப்புகளும் உள்ளன. இவை அமைப்பில் பெரியனவாக இருந்தால் தொழிற்படுதிறன் குறைவதோடல்லாமல் எளிதிலும் சிதைந்து விடும்.

செய்யப்படுகின்ற அமைப்பைப் பொறுத்தும், அவற்றைச் செய் கின்ற நிறுவனங்களைப் பொறுத்தும் மைக்ரோ எலெக்ட்ரானியலி லுள்ள பல பகுதிகள் பல்வேறுபட்ட பெயர்களால் அழைக்கப்படு கின்றன. தொகு மைக்ரோச் சுற்றுகள் (integrated micro-circuits), மூலக்கூறு எலெக்ட்ரானியல் (molecular electronics) மைக்ரோ மாடியூல்கள் (micro modules), எலெக்ட்ரானியல் தொகுதிகள் (functional electronic blocks), திண்ம நிலைச் சுற்றுகள் (solid circuits) என்பன சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும். தொடக்கத்தில் இராணுவத்திற்காகப் பயன்பட்டாலும், மைக்ரோச் சுற்றுகள் எல்லாத் துறைகளிலும் உபயோகத்திற்கு வந்துவிட்டன. ஒரு சில கன அங்குலங்களில் வான்வெளியில் அனுப்பப்படக்கூடிய அளவு நூற்றுக்கணக்கான பிலியன் மடங்கு உறுப்புகளைக் கொண்டதுமான ஒரு கம்ப்யூட்டரை அமைப்பதில் விஞ்ஞானிகள் முயன்று கொண்

டிருக்கின்றனர். இந்த முயற்சி வெற்றிபெற்றால் எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் எலெக்ட்ரானியல் உறுப்புகளை மைக்ரோ இயந்திர முறையில் ஒரு மைக்ரோ அங்குலத்திற்கும் குறைவான நீளத்தில் செய்யக்கூடிய ஆற்றல் உள்ளவை என்பது விளங்கும். மைக்ரோ எலெக்ட்ரானியல், (1) உறுப்புகளைப் பொறுத்துப் பகுக்கப்படுபவை, (2) சுற்றுகளைப் பொறுத்துப் பகுக்கப்படுபவை, (3) தொழிற்படும் முறையைப் பொறுத்துப் பகுக்கப்படுபவை என மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

மேசர் (Maser) :

மேசர் என்ற வார்த்தை பத்தாண்டுகளுக்கு முன்பு யாரும் அறியாத ஒன்றாகும். 'Micro wave Amplification by Stimulated Emission of Radiation' என்ற ஆங்கில வார்த்தைகளின் முதல் எழுத்துகளைச் சேர்த்து 'மேசர்' என்ற சொல் உருவாக்கப் பட்டது. குவாண்டம் கொள்கையின் (quantum mechanics) அடிப்படையில், தூண்டப்பட்ட வெளிவரு ஆற்றலைப் பயன் படுத்தி மைக்ரோ அடுக்கங்களில் சைகைகளைப் பெருக்குகின்ற எந்தக் கருவியும் பொதுவாக மேசர் என்றழைக்கப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட கதிர் வீச்சு ஓரியலாக (coherent) அமைந்துள்ளது. வழக்கத்திலுள்ள மைக்ரோ அலைப்பெருக்கிகளோடு ஒப்பிடும் போது, மேசர் பெருக்கிகளில் இரைச்சல் மிக மிகக் குறைவாக உள்ளது. ஆற்றல் மட்டங்களில் (energy level) உள்ள எலெக்ட் ரான்களின் இயல்பான எண்ணிக்கையை மாற்றி ஓரியல் தூண் டப்பட்ட கதிர் வீச்சைப் பெறுகின்ற எந்த முறையையும் மேசர் என்று பொதுவாக அழைக்கலாம்.

மைக்ரோ அலை மேசர் பெருக்கிகள் வெற்றிகரமாக இயங்கிய சிறிது காலத்தில், ஒளி அடுக்கங்களிலும் தூண்டப்பட்ட கதிர் வீச்சைப் பயன்படுத்தி இத்தகைய சோதனைகள் செய்யப் பட்டன. இவற்றிலிருந்து ஓரியல் ஒளிக்கதிர்களும் அவற்றைப் பயன்படுத்துகின்ற சாதனங்களும் தோன்றின. இவையும் குவாண்டம் கொள்கையின் அடிப்படையிலேயே இயங்கின. இவற்றிற்கு லேசர் என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. லேசர் என்ற சொல், 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' என்ற வார்த்தைகளின் முதல் எழுத்துகளைச் சேர்த்து உருவாக்கப்பட்டதாகும். லேசர் சில சமயங்களில் ஒளியியல் மேசர் (optical maser) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. மேசர், லேசர், ஆகிய இரண்டுமே பெருக்கிகளாகவும் அலையியற்றிகளா களாகவும் பயன்படுகின்றன. இருந்த போதிலும் மைக்ரோ அடுக் கங்களில் மேசர்கள் பெருக்கிகளாகவும், ஒளியியல், புறச்சிவப்பு

(infra – red) அடுக்கங்களில் லேசர்கள் அலைவியற்றிகளாகவும் பயன்படுகின்றன. 1917 ல் கொள்கையின் அடிப்படையில் ஐன்ஸ்டினால் (Einstein) வருமுன் கூறப்பட்ட 'தூண்டப்பட்ட கதிர் வீச்சு' மேசர், லேசர்களினால் மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

அணுக்கள் பல்வேறு ஆற்றல் மட்டங்களில் இயங்கக்கூடியவை என்பது நாம் அனைவரும் அறிந்ததொன்றாகும். ஓர் அணுவின் கீழ் ஆற்றல் மட்டம், மேல் ஆற்றல் மட்டம் ஆகியவற்றை E_1, E_2 ஆகியவற்றால் குறிப்பிட்டால் இந்த இரண்டு மட்டங்களுக்கிடையே நிகழும் பெயர்ச்சியை,

$$E_1 - E_2 = h\gamma_0 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

என்று குறிப்பிடலாம், இங்கு γ_0 என்பது அடுக்கத்தையும், h என்பது ப்ளாங்கின் (Planck's) மாறிலியையும் குறிக்கும். இந்த விளைவுக்குக் காரணம் ஒரு பின்காந்தக் கதிர் வீச்சாகும். இருந்த போதிலும் ஐயப்பாட்டுக் கொள்கையின் (uncertainity principle) காரணமாக ஆற்றல் மட்டங்கள் கூர்மையாக (sharp) அமைவதில்லை. எனவே, பெயர்ச்சி அடுக்கங்களும் ஓரலைத்தன்மை (mono chromatic) உடையதாக இல்லாமல் ஒரு குறுகிய அலைப் பட்டையுடையதாக அமைகிறது.

அணுக்கள் வெப்பநிலைச் சமன்பாட்டிலிருந்தால் ஒவ்வோர் ஆற்றல் மட்டத்திலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை மாறிலியாக இருக்கும். பிறகு கீழ் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து மேல் ஆற்றல் மட்டத்திற்குப் பெயர்ச்சி ஒரு முறையில்தான் நிகழ முடியும். அதாவது படுகதிர்வீச்சுப் புலத்திலிருந்து ஓர் ஆற்றல் ஃபோட்டான் உட்கவரப்படும். ஒத்தியைவில் ஒரு வினாடியில் கிளர்ச்சி யூட்டப்படுகின்ற அணுக்களின் எண்ணிக்கை, கீழ் ஆற்றல் மட்டத்திலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை (N_1) க்கும், கதிர்வீச்சுச் செறிவிற்கும் (ρ), ஒரு வினாடியில் உட்கவர்தல் நிகழ் திறத்திற்கும் (probability) நேர் விகிதத்திலுள்ளது. இவ்வாறு ஆற்றல் உட்கவரப்படும் முறைக்கு,

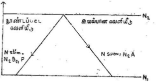
$$N_A = N_1 B_{12} \rho \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

என்று எழுதலாம். இங்கு B_{12} என்பது நிகழ் திறத்தைக் குறிக்கும். மேல் மட்டத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை வெப்பநிலைச் சமன்பாட்டில் இருக்கக்கூடியதைவிட அதிகமாயிருக்கும்.

ஆகவே,

$$N_{stim} = N_2 B_{21} \rho \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

இங்கு N_2 என்பது மேல் மட்டத்திலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை B_{21} என்பது மேல் மட்டத்திலிருந்து கீழ் மட்டத்திற்கு வருவதற்கான நிகழ்திறம், ρ என்பது கதிர் வீச்சுச் செறிவு ஆகும். தொடக்கத்திலேயே மேல் மட்டத்திலுள்ள அணுக்கள் கீழ் மட்டத்திற்குக் கதிர் வீச்சு முறையில் இரு விதங்களில் ஆற்றலை வெளிவிட முடியும். (1) தூண்டப்பட்ட முறையில் வெளிவிடுதல்; இதில் ஓரியல் கதிரே வெளிவிடப்படுகிறது; (2) தானகவே வெளிவிடுதல். இதில் மாறிலியில் கதிர்கள் (incoherent) வெளிவிடப்படுகின்றன. இரண்டாவது வகை



படம் 30.1.

தூண்டப்பட்டு வெளிவிடுதலும் தானக வெளிவிடுதலும்

படுமின் காந்த அலைகளின் செறிவைப் பொறுத்து அமைவதில்லை. எனவே, தானகவே ஆற்றலை வெளிவிடும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை,

$$N_{spon} = N_2 A \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது. A என்பது தானகவே ஆற்றலை வெளிவிடப் பெயர்ச்சி நிகழ்திறமாகும்.

சமன்பாடுகள் (2), (3), (4) கைச் சேர்க்கும்போது,

$$N_A = N_{stim} + N_{spon.}$$

ஏனெனில், சமன்பாட்டினால் உட்கவர்கின்ற அணுக்களின் எண்ணிக்கையும் வெப்பநிலை சமன்பாட்டினால் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

$$\therefore \quad N_1 B_{12}\rho = N_2 B_{21}\rho + N_2 A \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (5)$$

கீழ்மட்டத்திலிருந்து மேல் மட்டத்திற்குச் செல்வதும், மேல் மட்டத்திலிருந்து கீழ்மட்டத்திற்கு வருவதும் சம அளவில் நிகழக் கூடியவையாதலால்,

$$B_{12} = B_{21} = B \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (6)$$

$$\therefore \quad N_1 B\rho = N_2 B\rho + N_2 A$$

$$\rho(N_1 - N_2) B = N_2 A.$$

$$\rho = \frac{N_2}{N_1 - N_2} \cdot \frac{A}{B}$$

$$= \frac{1}{\left(\frac{N_1}{N_2} - 1\right)} \cdot \frac{A}{B} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7)$$

ப்ளாங்கின் கதிர்வீச்சு விதிப்படி, கதிர்வீச்சு ஆற்றலின் செறிவு (ν அடுக்கத்தில்),

$$\rho(\nu) = \frac{8\pi h}{\lambda^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1} \quad \dots \quad \dots \quad (8)$$

இங்கு $\lambda = \frac{c}{\nu}$ ஆகும். K என்பது போல்ட்ஸ்மனின் மாறிலியாகும்.

ஆனால், அணுக்கள் வெப்பச் சமநிலையிலுள்ளன. மேல் மட்டத்திற்கும், கீழ்மட்டத்திற்குமிடையே அணுக்களின் பங்கீடு மாக்ஸ்வெல்—போல்ட்ஸ்மனின் புள்ளியியல் விதியில் அமைந்துள்ளது. எனவே, T° வெப்பநிலையில், வெப்ப நிலைச் சமன்பாட்டில்,

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{\frac{-h\nu}{KT}} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9)$$

ஆகும். மேசர், லேசர் தொழிற்படு முறையை அறிந்து கொள்வதில் சமன்பாடு (9) மிக மிக முக்கியமாகும்.

சமன்பாடு (9)-ஐச் சமன்பாடு (7)-ல் போட்டால்,

$$\rho = \frac{1}{e^{\left(\frac{h\nu}{KT}\right)} - 1} \cdot \frac{A}{B} \quad \dots \quad \dots \quad (10) \text{ ஆகும்.}$$

(8), (10) ஆகியவற்றில் குணங்களை ஒப்பிடும் போது, $\frac{A}{B} = \frac{8\pi h}{\lambda^3}$ ... ... (11)

இங்கு, A தானகவே ஆற்றலை வெளிவிடுதலுக்குப் பெயர்ச்சி நிகழ் திறமாகும்.

B தூண்டப்பட்டு ஆற்றலை வெளிவிடுதலுக்குப் பெயர்ச்சி நிகழ்திறமாகும். சமன்பாடு (11) தானகவே வெளிவிடப்படும் ஆற்றலுக்கும், தூண்டப்பட்டு வெளிவிடப்படும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு கதிர்வீசலின் அலை நீளத்தின் மும்மடிக்கு எதிர் விகிதத்திலுள்ளது என்பதைக் காட்டுகின்றது. மேலும் $h = 6{\cdot}62 \times 10^{-27}$ எர்க்குகள்/வினடியாகும். மைக்ரோ அலை வரிசையில் $\lambda \sim 1$ சென்டி மீட்டரானதால் தானகவே வெளி விடப்படும் ஆற்றல் தூண்டப்படும் ஆற்றலுடன் ஒப்பிடும் பொழுது மிகமிகக் குறைவாகும். ஆனல், ஒளியியல் பகுதியில் அலை நீளம் மிக மிகக் குறைவாகும். அதாவது $\lambda \sim 5{,}000\ A^{\circ}$. ஆகவே, தானகவே வெளிவிடப்படும் ஆற்றலில் உண்டாகும் இரைச்சல் ஏறக்குறைய 10^{13} பங்கு அதிகரிக்கின்றது.

A என்ற குணங்கத்தின் மதிப்பு,

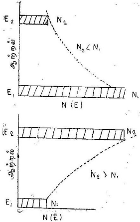
$$A = \frac{64\pi^4}{3h\lambda^3} \left| \mu^2 \right| \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (12)$$

என்ற சமன்பாட்டினல் பெறப்படுகின்றது. இங்கு μ^2 என்பது பெயர்ச்சியின் மாட்ரிக்ஸின் (matrix) இருமடியாகும்.

இவ்வாறே $B = \frac{8\pi^3}{3h^2} \left| \mu^2 \right|$ ... ... (13)

ஒரு மேசர் பெருக்கியில் தானகவே வெளிவிடப்படும் ஆற்றல் இரைச்சலைக் குறைக்கின்றது. இந்த இரைச்சல் N_2, A ஆகிய வற்றால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது (சமன்பாடு 3 ஐப் பார்க்க). ஆனல், N_{stim} என்பது ρ, N_2 ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. (சமன்பாடு 3-ஐப் பார்க்க). ஆனல், எப்பொழுதும் வெப்பநிலைச் சமன்பாட்டில் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் N_2 வானது, N_1 ஐ விடக் குறைவாகவே இருக்கும். ஆகவே, ஒரு மேசர் தொழிற் படுவதற்குச் சைகை மட்டங்களுக்கிடையே எலெக்ட்ரான்களின் செறிவு மாற்றப்படவேண்டும். அதாவது N_2 வின் மதிப்பு N_1 ன் மதிப்பைவிட அதிகரிக்கப்படவேண்டும். இந்த முறைக்குப் பெயர் செறிவுப் புரட்டு (population inversion) ஆகும் (படம் 30.2).

ஒரு மேசரில் சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் உள்ள தகவு தூண்டப்பட்டு வெளிவருகின்ற ஆற்றலுக்கும், தானகவே வெளி வரும் ஆற்றலுக்குமுள்ள தகவினல் பெறப்படும் என்று முன்பே கூறினேம். அணுக்களின் தொகுதியை ஓர் ஒத்ததிர்வில்



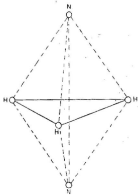
படம் 30.2

இருமட்டங்களில் எலெக்ட்ரான்களின் அடர்த்தி

(resonator) வைப்பதாலும், கதிர்வீச்சுப் புலத்தின் செறிவை அதிகரிப்பதாலும் இரைச்சல் பெருக்கத்தைக் குறைக்கலாம். N_{stim} / N_{spon} என்பது அமைப்பின் வெப்பநிலையை நேரடியாகப் பொறுத்ததன்று. அதாவது இரைச்சல்களின் வெப்பநிலை, அணுக் களின் உண்மையான வெப்பநிலையைவிட மிகமிகக் குறைவாக இருக்குமாறு பெருக்கிகளை அமைக்கமுடியும். சமன்பாடு (11)ல் $\frac{A}{B} \propto \frac{1}{\lambda^3}$ ஒளியியல் அலை நீளங்களில் தானகவே வெளிவரும் ஆற்றல், தூண்டப்பட்டு வெளிவரும் ஆற்றலைவிட, மைக்ரோ அலைநீளங்களில் இருப்பதைவிட அதிகமாகும். இவ்வாறு

மைக்ரோ அலைநீளப் பகுதியில், மேசர்கள் பெருக்கிகளாகவும், ஒளியியல் பகுதியில் லேசர்கள் அலைவியற்றிகளாகவும் உப யோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

மேலே கூறப்பட்ட கோட்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி அமோனியா (NH_3) மேசர் முதன் முதலில் வெற்றிகரமாகச் செய்யப்பட்டது. இவற்றில் ஆற்றல் மட்டங்கள் அமோனியா மூலக்கூறின் (ammonia molecule) அதிர்வு நிலைகள் (vibrational

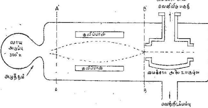


படம் 30.3
அமோனியா மூலக்கூறு

states) ஆகும். அமோனியாவிலுள்ள மூன்று ஹைடிரஜன் அணுக் களும், ஒரு முக்கோணத்தின் மூன்று மூலைகளிலுள்ளன. நைட் ரஜன் அணு மூன்று ஹைட்ரஜன் அணுக்களுமுள்ள தளத்திற்குச் செங்குத்தான கோட்டைப் பொறுத்து அதிர்வுறும். இவ்வாறு நைட்ரஜன் அணு இருப்பிடம் ஒன்றிலோ அல்லது இருப்பிடம் இரண்டிலோ இருக்கமுடியும். (படம் 30.3)

மேலே கூறப்பட்ட இரு நிலைகளுக்கிடையே நைட்ரஜன் அணு அலைவுறும்போது ஹைடிரஜன் அணுக்கள் சுழல்வதாகக்

கொள்ளலாம். இந்த இரண்டு இயலமைப்புகளும் (structure) மூலக்கூறின் ஒரே ஆற்றல் மட்டத்தைச் சரியாகக் குறிப்பிட மாட்டா. ஏனெனில், ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன் அணுக்களின் அலையணிக் கோவைகள் (wave functions) முழுவதும் சமச் சீருடையனவாக இருப்பதில்லை. இவ்வாறு மூலக்கூறு இரண்டு ஆற்றல் மட்டங்களில் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். $23 \cdot 77 km_c/s$ மைக்ரோ அடுக்கம் வித்தியாசமுள்ள இரு நிலைகள் மேசர்



படம் 30.4
அமோனியா மேசரின் தொகுப்புப் படம்

தொழிற்படுவதற்கு உகந்தனவாகும். இந்த நிலைகளில்தான் செறிவு மிகுந்த அதிர்வு இடப்பெயர்ச்சி நிகழ்கின்றது. இதனுல் ஏற்படுகின்ற ஒத்தியைவுக் கோடு மிகக் குறுகிய பட்டையகலத்தை உடையதாக இருக்கின்றது. அமோனியா மேசரின் தொகுப்புப் படம் 30.4ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

ஓர் அமோனியா மூலக்கூறு கற்றை ஒரு வாயு அடுப்பி லிருந்து (gas oven) ஒரு துளைவழியே வெளிவருகின்றது. இந்த அடுப்பின் வெப்பநிலையைத் துல்லியமாகக் கட்டுப்படுத்தலாம். இந்தக் கற்றையில் மேல் ஆற்றல் மட்டம், கீழ் ஆற்றல்மட்டம் ஆகிய இரு மட்டங்களிலும் மூலக் கூறுகள் இருக்கும். இந்தக் கற்றை ஒரு நிலை மின்பிரிப்பானுக் (electrostatic separator) கிடையே செல்லுகின்றது. இந்த இரு ஆற்றல் மட்டங்களிலுமுள்ள மூலக்கூறுகளும் ஒரு சீரிலா மின்புலத்தினுல் (non uniform electric field) பிரிக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில், இந்த மூலக்கூறுகளின் நான் முனைவுத் திருப்பு திறன்கள் (quadruple moments) மேல், கீழ் ஆற்றல் மட்டங்களில் வெவ்வேருக அமைந்துள்ளன. இதனுல் இரண்டுவகைப்பட்ட மூலக்கூறுகளிலும் விலக்கங்கள்

வெவ்வேறாகி அவை தனித்தனிக் கற்றைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. மேல்மட்ட மூலக்கூறுகள் சாதனத்தின், அச்சின் வழியாகச் செல்லுகின்றன. கீழ்மட்ட மூலக்கூறுகள் பக்கவாட்டில் தப்பிச் செல்லுகின்றன. மேல்மட்ட மூலக்கூறுகள் ஒரு சிறந்த கற்றையாகக் குவிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு தளங்கள் AA', BB' ஆகியவற்றிற் கிடையே மூலக்கூறுகளைப் பிரிப்பதன்மூலம் செறிவுப் புரட்டு பெறப்படுகின்றது. BB' என்ற தளத்தில் பெரும்பாலும் மேல்மட்டத்திலுள்ள மூலக்கூறுகளே அமைந்துள்ளன. இந்த மூலக்கூறுகள் பிறகு மைக்ரோ அலை, ஒத்ததிர்வு உட்குழிவிற்குள் செல்லுகின்றன. இந்த உட்குழிவின் ஒத்ததிர்வு அடுக்கம் அமோனியாவின் அலைவுறு பெயர்ச்சியின் அடுக்கமான 23.87 km_c/s க்குச் சமமாக இருக்கும்படி மிகக் கவனமாகச் சரிசெய்யப்படுகிறது. உட்குழிவு மிக அதிகமான Q-கூற்றெண்ணைப் பெற்றிருப்பதால், மேல்மட்ட மூலக்கூறுகளிலிருந்து ஆற்றல் வெளிவிடப்படுவதைத் தூண்டுவிப்பதற்கான திறனை அது பெற்றுள்ளது. இதனால், அணுக்கள் மேல்மட்டத்திலிருந்து கீழ் மட்டத்திற்கு வந்து உட்குழிவை விட்டு வெளியேறுகின்றன. வெளிவரு ஆற்றல் உட்குழிவுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள அலைவழிப்படுத்தி (wave guides) களின் வாயிலாகப் பெறப்படுகின்றது.

அலைவுகள் தொடர்ந்து நிகழ்வதற்குத் தூண்டப்பட்ட கதிர் வீச்சாகக் கற்றையிலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட திறன் உட்குழிவில் கவரப்பட்ட திறனுக்குச் சமமாகவோ, அதிகமாகவோ இருக்க வேண்டும்.

கற்றையால் கொடுக்கப்பட்ட திறன்

$$P = Nh\nu_0 \ |a|^2$$

இங்கு,

N — ஒரு விநாடியில் உட்குழிவையடையும் மேல்மட்ட மூலக்கூறுகள்.

ν_0 — அமோனியாப் பெயர்ச்சியின் அடுக்கம்.

$|a|^2$ — ஒரு மேல்மட்ட மூலக்கூறு கீழ் மட்டத்திற்கு வருவதற்குப் பெயர்ச்சி நிகழ் திறமாகும்.

உட்குழிவில் உட்கவர்தலால் ஏற்பட்ட ஆற்றல் இழப்பு,

$$PL = \frac{\omega_0 \ W}{Q}$$

இங்கு,

Q— உட்குழிவின் கூற்றெண்.

W— உட்குழிவில் சேகரிக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்.

$\omega_0 = 2\pi\, \nu_0$

பிறகு, அலைவு தொடர்ந்து நிகழ்வதற்கு,

$$Nh\, \nu_0 \;|\, a\,|^{\,2} = \frac{\omega_0\, W}{Q} \text{ ஆகும்.}$$

அமோனியா மேசர் ஒரு குறுகிய பட்டை அலைவியற்றியாகத் தொழிற்படுவதற்கு உகந்தது. இது சில நேரங்களில் பெருக்கியாகப் பயன்பட்ட போதிலும், அவ்வளவு சிறந்த மைக்ரோ அலைப் பெருக்கியாகத் தொழிற்படுவதில்லை.

வேறு, பலதரப்பட்ட மேசர்களும், உபயோகத்திற்கு வந்துள்ளன. அவற்றிற்குத் 'தொடரலைத் திண்மநிலை மேசர்கள்' (continuous wave solid state masers) என்று பெயர். அவை யாவன :

1. மூன்றடுக்கு உட்குழிவு மேசர்கள் (Three level-cavity masers).
2. தள்ளு—இழு மேசர்கள் (Push-pull masers).
3. நகரும் அலை மேசர்கள் (Travelling wave masers).
4. சுழிப்புல மேசர்கள் (Zero field masers)
5. எதிரொளிப்பு உட்குழிவு மேசர்கள் ((Reflection cavity masers).

மேலும் துடிப்புத் திண்ம நிலை மேசர்களில் சென்டிமீட்டர் இரண்டடுக்கு மேசர்கள், மில்லி மீட்டர் இரண்டடுக்கு மேசர்கள் என இரு வகைகள் உள்ளன.

மேசர்கள் முக்கியமாக மைக்ரோ அலைப்பெருக்கிகளாகும். குறிப்பாகப் பெறப்பட வேண்டிய சைகை, இரைச்சலுடன் ஒப்பிடுங்கால் மிகக் குறைவாக இருக்கும்போது இந்த மேசர்கள் மிகச் சிறந்த முறையில் இயங்குகின்றன. மேசர்கள் செயற்கைக் கோள்கள்மூலம் செய்தியனுப்பு முறையிலும், ரேடியோ வானியலிலும், மிக அதிக தூரத்திலுள்ள விண்மீன்களிலிருந்து வருகின்ற சைகைகளைப் பெறுவதிலும், ரேடியோ விண்மீன் (radio star),

விண்மீன் மண்டலம் (gallaxy) ஆகியவற்றை ஆராய்தலிலும், மைக்ரோ அலைகள் நிறமாலையியலிலும் (micro wave spectroscopy) வெகுவாகப் பயன்படுகின்றது.

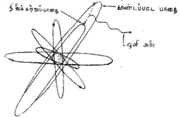
லேசர் (Laser) :

திண்ம நிலைப் பௌதிகம் (solid state physics) அண்மையில் லேசரைக் கண்டுபிடித்துள்ளது. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation என்ற வார்த்தைகளின் முதல் எழுத்துகளைச் சேர்த்து LASER என்ற சொல் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது என்று மேலே கூறினோம். லேசர் ஒரு குறுகிய பட்டையகலத்தில் கிலோ வாட்டுகள் கணக்கான ஒரியல் ஒளியை உண்டாக்கக் கூடியவை. இந்தப் பட்டையகலம் வியத்தகு அளவு செய்தியை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லும். தற்போது செய்தியனுப்பும் முறையில் ஏற்பட்டுள்ள வாய்க்கால் (channel) கூட்டங்களைச் சமாளிப்பதற்கு எதிர்காலத்தில் ஒளி அடுக்கங்களில் அநேக பட்டையகலங்களையே நாம் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கும். 500 மில்லியன் மெகா சைக்கிள் அடுக்கத்தையுடைய ஊர்தி அலையில் செய்திகளை அனுப்புவதற்குப் பகுப்பான்களிலும், பண்பேற்றிகளிலும் அநேக பிரச்சினைகளை இன்னும் தீர்க்க வேண்டியுள்ளது. கண்ணுறு அடுக்கப் பகுதியான 4000லிருந்து 7000 A° வரையுள்ள பகுதி ஏறக்குறைய 80 மில்லியன் டெலிவிஷன் வாய்க்கால்களைக் கொள்ளுமென்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

லேசர் வெகு தூரங்களுக்கப்பால், செய்திகளை எடுத்துச் செல்லுகின்ற ஓர் ஆற்றல் மிக்க செய்தியனுப்பு முறைமட்டுமன்று. அது பௌதிகத்தில் ஓர் அடிப்படைக் கண்டுபிடிப்புமாகும். இது முன்பு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வெற்றிடக் குழாயின் கண்டுபிடிப்புக்கு எல்லா விதத்திலும் ஒத்ததாகும். லேசரில் ஒத்திணையாக உள்ளதும், மிக அதிக செறிவூட்டப்பட்டதுமான கற்றைகள், நுட்பம் வாய்ந்த அறுவை சிகிச்சைகளைச் செய்கின்றன. மேலும், இவை ராடாரை 10,000 பங்கு துல்லியமாக இயங்கச் செய்கின்றன. கண்ணுக்குப் புலனாகாத கம்பிகளைச் சேர்ப்பதற்கும், எந்த ஒரு திடப் பொருளையும் ஒரு சில மைக்ரோ வினாடிகளில் ஆவியாகச் செய்வதற்கும் லேசர் கருவிகள் பயன்படுகின்றன. நாவல்களில் கூறப்பட்டுள்ள மரணக் கதிர்கள் (death rays) லேசரால் மெய்ப்பிக்கப் பட்டுள்ளன. இந்த லேசர் கதிரின் வழியில் வருகின்ற எந்தப் பொருளும் எரிந்து நிர்மூலமாகின்றது. இத்தகைய ஆற்றல் வாய்ந்த லேசர் கதிர்களை விஞ்ஞானிகள் மேல்நாடுகளில் உருவாக்கி வருகின்றனர். இனி, வரப்போகும் ஆராய்ச்சிகளுக்கு

முன்னேடியாக அமெரிக்காவிலுள்ள சில M.I.T. பொறியியல் வல்லுநர்கள் அண்மையில் ஒரு சிவப்பு லேசர் கற்றையைச் சந்திரனுக்கு அனுப்பி, ஒரு புள்ளியில் ஒளியைத் தோற்றுவித்து இரண்டு மைல் விட்டமுள்ள பரப்பை எரித்தனர். இதையே ராடாரில் பயன்படுத்தினல் அது 500 மைல்கள் அகலமுள்ள பரப்பை ஒளிப்படுத்தும்.

லேசரின் கொள்கை முதன் முதலில் 1958-ல் சார்லஸ் டவுன்ஸ் என்ற கொலம்பியாப் பல்கலைக் கழகத்தின் விஞ்ஞானியாலும், ஆர்தர் ஷாலோ என்ற பெல் சோதனைச் சாலையைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானியாலும் உருவாக்கப்பட்டது. இந்த லேசரின் கொள்கையும் மேற்கூறப்பட்ட மேசரின் கொள்கையைப் போன்

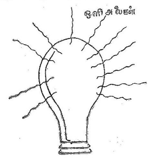


படம் 30.5.
எலெக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதைகள்

றதேயாகும். அதாவது லேசரும் குவாண்டம் கொள்கையின் அடிப்படையிலேயே இயங்குகின்றது. இதில் எலெக்ட்ரான் வெளி விடுகின்ற ஆற்றல் அந்த அணுவையும், எலெக்ட்ரான்களுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட ஆற்றலையும் பொறுத்திருக்கின்றது (படம் 30.5).

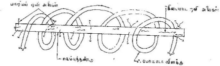
ஒளியை உண்டாக்குவதற்கு எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு வெளி மூலத்திலிருந்து தேவையான அளவு ஆற்றலை உட்கவரவேண்டும். ஓர் எளிய மின் குழாயில் இந்த ஆற்றல் மின்னேட்டத்திலிருந்து பெறப்படுகின்றது. மின் குழாயிலிருந்து கதிர்வீச்சுமூலம் வெளிப் படுகின்ற ஆற்றல் எல்லா அலை நீளங்களிலும் அதாவது எல்லா வண்ணங்களிலும், எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுகின்றது. இவை படம் 30.6-ல் காட்டியவாறு சில திசைகளில் ஒன்றையொன்று எதிர்த்தும் ஓர் ஒழுங்கற்ற முறையில் பரவுகின்றன.

முதன் முதலில், உருவாக்கப்பட்ட லேசரில் ஒரு பென்சில் தடிமனே யுள்ள இளஞ்சிவப்பு (pink) நிறமான செயற்கைக் கெம்பினல் (synthetic ruby) செய்யப்பட்ட தண்டு இருந்தது. ஆற்றலைத் தருகின்ற வெளிமூலம் ஒரு சாதாரண பச்சை நிறமுள்ள



படம் 30.6
பல்திசை ஒளி அலைகள்

ஒளியாகும். இந்த ஒளிமூலம் புகைப்படம் எடுப்பதில் பயன்படுகின்ற ஒளித்தெறிப்புக் (flash tube) குழாயாகும். இந்த ஒளித் தெறிப்புக்குழாய் கெம்புத் தண்டின்மீது ஒரு தக்கைத் திருகைப் போல் (cork screw) சுற்றப்பட்டிருந்தது. இதனுடைய அமைப்பு, படம் 30.7 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

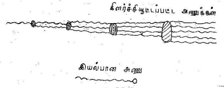


படம் 30.7
இயற்கையான பல்திசை ஒளிர்தலைத் தூண்டுதல்

செயற்கைக் கெம்பு அலுமினியம் ஆக்ஸைடு படிகத்தாலானது. இதில் சில அலுமினிய அணுக்கள் குரோமியம் அணுக்

களால் மாற்றப்பட்டுள்ளன. குரோமியம் அணுக்கள் பச்சை ஒளியை உட்கவருகின்றன. இவ்வாறு சிவப்பு வண்ணம் வெளி விடப்படுகின்றது. இதுவே கெம்பு சிவப்பு நிறமாக இருப்பதற்குக் காரணமாகும். கெம்புத் தண்டைச் சுற்றியுள்ள ஒளித் தெறிப்புக் குழாயை எரியவிடும்போது, இந்தக் குழாயின் பச்சை ஒளி, குரோமியம் அணுக்களிலுள்ள சில எலெக்ட்ரான்களைக் கிளர்ச்சியடையச் செய்கிறது. எனவே, இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மேல் சுற்றுப் பாதையை அடைகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் திரும்பவும் தங்களுடைய இயல்பான சுற்றுப் பாதைகளுக்கு வரும்பொழுது கவரப்பட்ட பச்சை ஒளி, சிவப்பு ஒளியாக வெளிவிடப்படுகின்றது. இதனால் கெம்பின் சிவப்பு ஒளிர்தல் நிகழுகின்றது. இந்த இயற்கையான ஒளிர்தலில் இடையூறு என்னவென்றால், இந்த ஒளிர்தல் சாதாரண ஒளியைப் போன்று மாறியல் (incoherent) ஒளிர்தலாகும். இது வரையில் கெம்பை அதனுடைய இயற்கையான சிவப்பு ஒளிர்தலுக்குக் கிளர்ச்சியடையச் செய்திருக்கின்றோமே தவிர ஓரியல் ஒளியைப் பெறவில்லை.

கெம்பிலுள்ள மில்லியன் கணக்கான கட்டுப்பாடற்ற எலெக்ட்ரான்களை ஓர் ஒழுங்கிற்குக் கொண்டுவருவதற்கு டவுன்சும், ஷாலோவும் ஒரு சிக்கலான அமைப்பைக் கண்டுபிடித்தனர். கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் மேல்சுற்றுப்பாதைகளையடைந்து நிலையற்ற தன்மையைப் பெற்றுத் தாங்கள் கவர்ந்த ஆற்றலை வெளிவிடத் தயாராக இருக்கின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்களை அதேயளவு அலைநீளம் உள்ள ஒளியின் முன்னால்



படம் 30.8
இயல்பான அணுவும் கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட அணுக்களும்

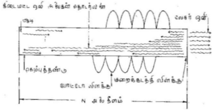
கொண்டுவருவதன் மூலம் அவை சாதாரணமாக வெளிவிடுவதைவிட முன்னதாகவே தங்களது அதிக ஆற்றலை வெளிவிடும்படி செய்யலாம். மேலும், இந்த ஆற்றல் யாவும் தூண்டப்

பட்ட அலைகளோடு ஒரே கட்டத்தில் (in phase) இருக்கும். எனவே, இவை ஒன்றையொன்று ஊக்குவிக்கும். இவ்வாறு கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட மிக அதிகமான எலெக்ட்ரான்கள் தேவைப் படுகின்றன. முதலில் ஒரு சில எலெக்ட்ரான்களால் தானாகவே தூண்டப்பட்ட ஒளி, மற்ற எலெக்ட்ரான்களையும் உடனே தூண்டி அவற்றின் ஒத்த அலைகளை வெளிவிடும்படி செய்கின்றன. இவ் வாறு பெருமளவு பெருக்கப்பட்ட ஒளி அலை பெறப்படுகின்றது. இது படம் 30.8 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஆனால், இந்தப் பெருக்கப்பட்ட அலைகள் மாறியல் அலை களின் இடையில் இழக்கப்படுகின்றன. இறுதியாக வேறொன்றும் தேவைப்படுகின்றது.

தொடக்கத்தில் வெளிவிடப்பட்ட ஒளி அலைகள் மீண்டும் கிளர்ச்சியூட்ட, எலெக்ட்ரான்களையே பலமுறை சென்று மீளும்படி செய்யவேண்டும். உண்மையில் இதை மில்லியன் கணக்கான தடவைகள் செய்யவேண்டும். இந்த முறையில்தான் ஆற்றல் வாய்ந்த தொடர்வினை (chain reaction) ஏற்பட்டு, மிக அதிக மான அளவு ஓரியல் ஒளி உண்டாகின்றது. இந்த முக்கியமான நிகழ்ச்சியை கெம்புத் தண்டின் இரு முனைகளிலும் ஆடிகளை (mirrors) வைத்துப் பெற்றனர். அந்த ஆடிகளில் ஒன்று மற்றதை விடக் குறைவாக ரசம் பூசப்பட்டிருந்தது. எனவே, அது ஒரு பகுதி ஒளிபுகும் (partially transparent) தளமாக அமைந்து, அதிலிருந்து ஒளி வெளியேறுமாறு இருந்தது. கெம்புத் தண்டின் அச்சுக்கு இணையாக அல்லாமல் மற்றக் கோணங்களில் செல்லு கின்ற ஒளி அலைகள் விரைவில் சிதறடிக்கப்படுகின்றன. கெம்புத் தண்டின் அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லுகின்ற ஒளியலைகள் மட்டும் ஒன்றையொன்று ஊக்குவித்து ஒவ்வொரு தடவையும் அதிக அளவு எலெக்ட்ரான்களைக் கிளர்ச்சியூட்டி அவற்றை மில்லி யன் கணக்கான மடங்குகள் பெருக்குகின்றன. லேசர் தண்டின் நீளம் வெளிவிடப்படுகின்ற ஒளி அலைகளின் நீளத்தைப்போல் முழு எண் (integral) மடங்காக இருந்தால் ஓர் ஆற்றல் மிக்க ஓரியல் ஒளியின் நிலையான அலை உண்டாக்கப்படும். நடை முறையில் மேலே சொல்லப்பட்டவை யனைத்தும் ஒளிதெறிப்புக் குழாய் எரியவிடப்பட்ட ஒரு வினாடிக்குள்ளேயே நிகழ்கின்றன. உடனே லேசர் தண்டின் குறை ஒளிபுகும் (semi transparent) முனையின்வழியே ஓர் ஆற்றல் வாய்ந்த ஓரியல் சிவப்பு ஒளிக் கற்றை வெளிவருகின்றது. இந்தக் கற்றை ஒரு குறுகிய கூருருளை வடிவத்தில் தண்டின் அச்சுக்கு இணையாக வெளிவருகின்றது. இந்த லேசர் ஒரு சமயத்தில் ஒரு துடிப்பைமட்டும் வெளியிட்டு, விட்டுவிட்டு இயங்குகின்றது.

1960-ல் மெய்மன் (Maiman) என்ற விஞ்ஞானி முதல் கெம்பு லேசரைச் செய்து காட்டிய பிறகு, லேசர் நிகழ்ச்சி பலதரப்பட்ட பொருள்களில் அறியப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக நியோடிமியம் கண்ணாடி (neodymium glass), அருமண் தனிமங்களில் (rare earth elements) மூழ்கடிக்கப்பட்ட (doped) கால்சியம்-ஃபுளுரைடு, (calcium fluoride), காலியம்-ஆர்சினைடு (gallium arsenide) முதலியவற்றில் லேசர் நிகழ்ச்சிகள் காணப்பட்டுள்ளன. மேலும்,



படம் 30.9
முதல் கெம்பு லேசர்

ஒரு சில மாதங்களுக்குள்ளாகவே நியான், ஹீலியம் வாயுக்கள் கலந்த கலவையில் தொடர்ச்சியான லேசர்கள் (continuous lasers) உருவாக்கப்பட்டன. ஆனால், இந்த வகை லேசர்கள் ஆற்றல் குறைந்து காணப்பட்டன. தொடர்ச்சியான வாயு லேசர்கள் பெரும்பாலும் நியான் மின் குழாய்களை ஒத்துள்ளன. அண்மையில் ஒரு திண்மைநிலை உட்புகுத்தும் லேசர் (solid state injection laser) கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் லேசர் நிகழ்ச்சியை வேண்டும் போது உண்டாக்கி, தேவையற்றபோது நிறுத்திவிடலாம்.

லேசர்களை உருவாக்குவதற்கு அநேக ஒற்றைப்படிகங்கள் (single crystals) உபயோகப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவற்றில் குறிப்பாக அருமண் அயனிகளில் தோய்க்கப்பட்டுள்ள ஃபுளோரைடுகள், டங்ஸ்டேட்டுகள், மாலிபுடேட்டுகள் ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம். இவற்றில் கெம்பைவிட எளிதாக லேசர் நிகழ்ச்சியைத் தோற்றுவிக்கலாம். இவற்றில் லேசர் வெளிவரு அலைநீளங்கள் அட்டவணை 30.1 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவை பல வழிகளில் கெம்பு லேசரிலிருந்து மாறுபடுகின்றன.

அட்டவணை 30.1

இயற் கோவையணி	தோய்க்கப் பட்ட அயனி	செறிவு மோல் / நூற்றுக்கு	வெளிவரு அலை நீளம் μ
Al_2O_3	Cr^{3+}	0·01—0·05	0·6943
Al_2O_3	Cr^{3+}	0·3—0·5	0·701
CaF_2	U^{3+}	0·05	2·24, 2·49, 2·613
CaF_2	Sm^{2+}	0·05	0·708
CaF_2	Dy^{2+}	0·03	2·36
CaF_2	Tm^{2+}	0·05	1·116, 1·189
CaF_2	Nd^{3+}	தெரியாது	1·046
BaF_2	U^{3+}	தெரியாது	2·556
SrF_2	U^{3+}	0·1	2·407
SrF_2	Sm^{2+}	தெரியாது	0·696
$CaWO_4$	Nd^{3+}	0·14	1·063, 1·065
$CaWO_4$	HO^{3+}	0·5	2·046
$CaWO_4$	Tm^{3+}	0·5	1·911
$CaWO_4$	Pr^{3+}	0·05	1·406
$CaWO_4$	Er^{3+}	தெரியாது	1·612
SrM_0O_4	Nd^{3+}	தெரியாது	1·064
SrM_0O_4	Pr^{3+}	0·05	1·047

வாயு லேசர்களில் ஹீலியம், நியான் லேசருடன் கூட நோபில் வாயு லேசர் (noble gas lasers), தொடர் லேசர்கள் (cascade lasers) மூலக்கூறு, அயனி லேசர்கள் ஆகியவை விரைவாக முன்னேற்றமடைந்துள்ளன. இத்துடன் காலியம் ஆர்சினேடு, காரீய சிலினேடு போன்ற குறைக்கடத்திகளிலும், அருமண்

சிலேடுக் (rare earth chelates) கரைசல்போன்ற திரவங்களிலும் லேசர் நிகழ்ச்சி அறியப்பட்டுள்ளது.

செய்திகளை யனுப்புதல், பொருள்களின் தூரங்களை நிர்ணயித்தல், பொருள்களை வழிப்படுத்துதல் போன்ற துறைகளில் லேசர் பயன்படுகின்றது. வானிலையியலில் (meteorology) ராடாரின் ஒளியியல் சமன்பகுதியான லிடார் (lidar-light detection and ranging) லேசர் பயன்படுகின்றது. மேலும் வானியலிலும் (meteorology) எந்திரவியலிலும் லேசர் பயன்படுகின்றது. லேசரைப் பயன்படுத்தி மிக நுட்பமான கம்பிகளை (0·015 அங்குலத்திலிருந்து 0·080 அங்குலம்வரை விட்டமுள்ள கம்பிகளை) மிகத் துல்லியமாக இணைக்கலாம். இந்த இணைப்பு மைக்ரோ எலெக்ட்ரானியல் சுற்றுகளில் பயன்படுகின்றது. லேசர் பயன்படுகின்ற மற்றொன்று கண் அறுவை சிகிச்சை முறையிலாகும். லேசர் ஆஃப்தல்மாஸ்கோப் (opthalmoscope) கண்ணின் திரையில் ஏற்படுகின்ற கோளாறுகளைச் சரிசெய்வதற்குக் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட சிறந்த கருவியாகும். வேதியலில் (chemistry) லேசர் வேதியல் மாற்றங்களைத் தூண்டுவதற்குப் பயன்படுகின்றது. உதாரணமாக பாலிஸ்ட்ரீன் (polystyrene) தயாரிப்பிலும், பாலிவினைல் அசட்டேட்டு பிளாஸ்டிக் (polyvenyl acetate plastic) தயாரிப்பிலும் லேசர் பயன்படுகின்றது.

பௌதிகத் துறையில் ஒரியல் ஒளியின் தன்மைகளை அறிவதிலும், நிறமாலை யியலிலும் லேசர் பயன்படுகின்றது. மேலும் பிளாஸ்மாவில் எலெக்ட்ரான் செறிவைக் கணக்கிடுவதிலும், காந்தப் புலச் செறிவைக் கணக்கிடுவதிலும் லேசர் பயன்படுகின்றது. இறுதியாக லேசர் புதிய படப்பிடிப்பு முறையான ஹோலோகிராஃபியில் (holography) பயன்படுகின்றது. இந்தத் துறை விரிவான ஆராய்ச்சிகளுக்கு இடம்தரக்கூடியதாய் அமைந்துள்ளது.

பிற்சேர்க்கை-1

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் கொள்கை

(Theory of Transmission Lines)

மின்காந்த நிறமாலையில் (electro-magnetic spectrum) மைக்ரோ அலைகள் என்று அழைக்கப்படுவனவற்றை நிர்ணயித்துக் கூறுவது கடினமாகும். ஆனால், குறைந்த அதிர்வெண்ணுடைய பகுதி 300 மெகா சுற்றுகளுக்கும், 3000 மெகா சுற்றுகளுக்கும் இடையிலும், உயரடுக்கப் பகுதி மில்லிமீட்டர் பகுதியிலும் இருக்

பிற்சேர்க்கை !

படம் 1

சீரான ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி

கின்றன. இந்த மில்லி மீட்டர் பகுதியில் ரேடியோ, புறச் சிவப்பு (infra-red) தொழிற்படு முறைகள் ஒன்றன்மீது ஒன்று பொருந்துகின்றன. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி என்பது மின்காந்த ஆற்றலைத் தொடர்ச்சியாக ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எடுத்துச்

செல்வதற்கான சாதனமாகும். இவற்றில் மின்காந்த ஆற்றல், மின்காந்த அலைகள்மூலம் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. இந்த அலைகளை வழிகாட்டி மின்காந்த அலைகள் (guided electro magnetic waves) என்று கூறலாம். இந்த அலைகள் மின்காந்தப் புலங்களால் உருவாக்கப்பட்டு, 'மாக்ஸ்வெல்' (Maxwell) என்பாரின் சமன்பாடு களுக்கொப்ப ஒன்றோடொன்று இயைந்து நேரத்துடன் வேறு படுகின்றன. இந்த வேறுபாடுகள் சைன் வளைவுக் கோட்டின் அமைப்பில் உள்ளன. இந்த ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள் முழுவதுமோ, ஒரு பகுதியாகவோ, மின்சாரத்தைக் கடத்தக் கூடியவையாக இருந்தால், இதன் வழியே ஒரு மின்னோட்டம் நிகழும்.

இரண்டு தனித்தனியான கடத்திகளாலான ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியைக் கவனிப்போம். கம்பியின்வழியே ஒரு மின்காந்த அலை செல்லும்பொழுது, கம்பிகளுக்கிடையே V என்ற மின்னழுத்தமும், கம்பியில் எல்லாப் புள்ளிகளிலும் I என்ற மின்னோட்டமும் நிகழும். ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்திற்கு மின் னெதிர்ப்பு Z ஆனல்,

$$Z = R + j\omega L \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

இங்கு, R என்பது ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளமுள்ள கம்பியின் இணை மாற்றுத் தொடர் மின்தடையாகும். L என்பது ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளமுள்ள கம்பியின் தொடர் மின் நிலைமம் ஆகும். கடத்தி களுக்கிடையேயுள்ள V என்ற மின்னழுத்தம் ஒரு செ.மீ.க்கு Y மதிப்புடைய இணைத்தடமாறு மின் ஏற்பகத்திற்குச் சமமாகும். (இணைத்தடமாறு மின்னேற்பகம்—shunt admittance) இது

$$Y = G + j\omega C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

இங்கு, G என்பது ஒரு செ.மீ நீளத்திற்கு இணைமாற்றுக் கடத்து திறனாகும் (equivalent conductance). R, L, G, C, ஆகிய நான்கும் அலைகளின் அடுக்கத்துடன் மெதுவாக மாறும் தன்மையுடையன.

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின்வழியே மின்னழுத்தமும், மின் னோட்டமும் பரவியிருப்பது கீழ்க்கண்ட இரு சமன்பாடுகளால் பெறப்படுகின்றன.

$$\gamma = \sqrt{ZY} = \sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)} \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

இங்கு, γ என்பது பரப்பல் மாறிலி (propagation constant) எனப் படும். இந்தப் பரப்பல் மாறிலி பொதுவாக ஒரு பல் கூட்டு எண்

(complex number) ஆகும். இதில் உண்மையான பகுதி, கற்பனைப் பகுதி என இரு பகுதிகள் உள்ளன.

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

இங்கு α என்பது மெலிப்பான் மாறிலி (attenuation constant) என்றும், β என்பது கட்ட பேத மாறிலி (phase constant) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

மேலும், சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு (characteristic impedance)

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

அல்லது சிறப்பியல்பு மாறு மின்னேற்பகம் (characteristic admittance) $Y_0 = \frac{1}{Z_0}$ ஆகும். இதுவும் ஒரு பல்கூட்டு எண்ணாகும். ஆனால், இதன் பெரும் பகுதி உண்மையானதாகும்.

உயரடுக்கங்களில்; மின்தடையும் கடத்து திறனும் மிகச் சிறியவையாக இருக்கும்பொழுது $Z_0 \cong \sqrt{\frac{L}{C}}$ ஆகும். மின்னோட்டம் $Ir = \frac{Vr}{Zr}$. மின்தடையிலிருந்து 'e' செ.மீ. தூரத்தில் கம்பிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் V என்றும், கம்பியில் நிகழும் மின்னோட்டம் I என்றும் கொண்டால்,

$$V = V_r \cos h\gamma l + I_r Z_0 \sin h\gamma l \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

$$I = I_r \cos h\gamma l + \frac{V_r}{Z_0} \sin h\gamma l \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

இவற்றை,

$$V = V_1 e^{\gamma l} + V_2 e^{-\gamma l} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

$$I = I_1 e^{\gamma l} - I_2 e^{-\gamma l}$$

$$= \frac{V_1}{Z_0} e^{\gamma l} - \frac{V_2}{Z_0} e^{-\gamma l} \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

என்று எழுதலாம்.

குணுங்கங்களின் மதிப்புகளைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகளி லிருந்து பெறலாம்.

$$\frac{V_r}{I_r} = Z_r \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10)$$

$$V_r = V_1 + V_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (11)$$

$$I_r = I_1 - I_2 = \frac{V_1}{Z_0} - \frac{V_2}{Z_0} \quad \ldots \quad \ldots \quad (12)$$

V_{10} என்பது V_1-ன் உச்ச மதிப்பானால்,

$$V_1 = V_{10}\, e^{j\omega t}$$

$$V_{10} e^{j\omega t} e^{\gamma l} = V_{10} e^{j\omega t} (\alpha + j\beta)\, l$$

$$= V_{10}\, e^{\alpha l} e^{j(\beta l + \omega t)}$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் அடங்கியுள்ள அறிவியல் விளைவுகள் இப்போது புலனாகின்றன. சமன்பாடு (8)-ல் முதல் பகுதி ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியில் தடையை நோக்கிச் செல்கின்ற மின்னழுத்த அலைகளையும், இரண்டாவது பகுதி எதிர்த் திசையில் செல்லுகின்ற அலைகளையும் குறிக்கும். ஒவ்வோர் அலையின் மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும் அவற்றின் வீச்சு, கட்டபேதம் ஆகியவற்றுடன் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பால் $\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = Z_0$ என்ற சமன்பாட்டினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எந்த ஒரு புள்ளியிலும் உள்ள மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் ஆகியவை அந்தப் புள்ளியில் இரு திசைகளிலும் செல்லுகின்ற மின்னழுத்த, மின்னோட்ட அலைகளின் வெக்டர் கூட்டு மதிப்பிற்குச் சமமாகும். மேற்கண்ட சமன் பாடுகளை விடுவித்தால் அவை $\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_r - Z_0}{Z_r + Z_0}$ என்ற மதிப்பைக் கொடுக்கும்.

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியில் எண்ணற்ற அலைகள் நிகழக் கூடும். ஒவ்வோர் அலைக்கும் சிறப்பான மின்புலமும், காந்தப்புல மும் உருவாகும். இந்த எண்ணற்ற அலைகளை மூன்று பகுதி களாகப் பிரிக்கலாம். இரண்டு கடத்திகள் மட்டும் உள்ள போது முதற்பகுதி முக்கியவகை (principal mode) எனப்படும். மற்ற இருவகைகளும் குறுக்கு மின்வகை (transverse electric mode),

குறுக்குக் காந்தவகை (transverse magnetic mode) எனப்படும். முக்கிய வகையில் ஆற்றல் செல்லுகின்ற திசைக்குச் செங்குத்தான தளங்களில் மின்புலமும், காந்தப்புலமும் இயங்குகின்றன. எனவேதான் சிற்சில சமயங்களில் இது குறுக்கு மின்காந்த அலைகள் (transverse electro magnetic waves — T. E. M.) என்று அழைக்கப்படுகின்றது. ஆற்றல் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்துத்தளத்தில் மின்புலம் அமைந்து, காந்தப்புலத்தின் ஒரு பகுதி ஆற்றல் செல்லும் திசையிலேயே அமைந்திருந்தால், இந்த அலைகளுக்கு H அலைகள் அல்லது குறுக்கு மின்னலைகள் (transverse electric - T. E. waves) என்று பெயர். ஆற்றல் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்துத் தளத்தில் காந்தப்புலம் அமைந்து, மின்புலத்தின் ஒரு பகுதி ஆற்றல் செல்லும் திசையில் அமைந்திருந்தால் இந்த அலைகளுக்கு E அலைகள் அல்லது குறுக்குக் காந்த அலைகள் (transverse magnetic—T. M. waves) என்று பெயர். உயரடுக்கங்களில் கடத்தாப் பொருளியல்புகள் மாறுதிருக்கும்பொழுது கம்பியின் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு, முக்கிய வகையைப் பொறுத்த வரையில் அடுக்கத்தைப் பொறுத்து மாறுது. ஆனல், மற்ற வகைகளில் சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று மாறுபடும்.

ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின்வழியே மின்காந்த அலைகள் செல்லும்போது கம்பியில் ஏற்படும் வெப்பம் முதலியவற்ருல் ஆற்றல் விரயமேற்பட்டு அலைகள் தொடர்ந்து மெலிவுறுகின்றன. இது சமன்பாடு (8) ஆல் புலனுகின்றது. மேலே சொல்லப்பட்ட மெலிப்பான் மாறிலி அலைகளின் செறிவுக் குறைவை அளக்கப் பயன்படும்பொழுது, அது 1 செ. மீ. நீளத்திற்குரிய நேப்பர் (neper) அலகுகளில் இருக்கும். இந்த மெலிப்பான் மாறிலியை டெஸிபல்களில் கூறுவதற்கு, நேப்பரில் α மதிப்பை 8·69 ஆல் பெருக்கவேண்டும். அதாவது,

$$\alpha\,\frac{(\text{டெஸிபல்})}{\text{செ.மீ.}} = 8{\cdot}69\ \alpha\,\frac{(\text{நேப்பர்})}{\text{செ.மீ.}}.$$

மெலிவு குறைவாக இருக்கும்பொழுது,

$$\alpha = \frac{R}{2\,Z_0} + \frac{G}{2\,Y_0}\ \frac{\text{நேப்பர்}}{\text{செ.மீ.}} \quad \cdots \quad \cdots \quad (13)$$

$G=0,\ R\neq0$ ஆக இருக்கும்பொழுது $Q = \frac{L\omega}{R}$ ஆனல்,

R சிறியதாக இருக்கும்பொழுது, $\alpha = \frac{\beta}{2Q} = \frac{R}{2Z_0}$

R பெரியதாக இருக்கும்பொழுது,

$$\alpha = \frac{\omega\sqrt{LC}}{\sqrt{2Q}}\left(1 - \frac{Q}{2}\right) \cong \frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{2Q}} \quad \dots \quad \dots \quad (14)$$

இவற்றில் சமன்பாடு (13) மைக்ரோ அலைகளுக்கும் (micro waves) (14) மெலிப்பான்களுக்கும் பொருந்தும்.

$G \neq 0,\ R = 0$ ஆக இருக்கும்பொழுது,

$Q = \frac{C\omega}{G}$ ஆகும். G சிறியதாக இருக்கும்பொழுது,

$\alpha = \frac{\beta}{2Q} = \frac{G}{2Y_0}$ ஆகும். G பெரியதாக இருக்கும்

பொழுது $\alpha = \frac{\omega\sqrt{LC}}{\sqrt{2Q}}\left(1 - \frac{Q}{2}\right) \cong \frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{2Q}}$ ஆகும்.

மைக்ரோ அலைகள் பரப்புதலில் ஆற்றல் 5 விதங்களில் விரயமாகின்றது. அவையாவன: (1) கடத்திகளின் மின் தடையால் ஆற்றல் விரயமாதல், (2) ஃபெரோ காந்தப் (ferro magnetic), பொருள்களின் தயக்கத்தால் (hysterisis) ஆற்றல் விரயமாதல், (3) மின் கடத்தாப் பொருள்களால் ஆற்றல் விரயமாதல், (4) கம்பியிலிருந்து கதிர்வீச்சு மூலம் ஆற்றல் விரயமாதல், (5) மின் எதிர்ப்புகள் சரியாகப் பொருந்தாமையால் ஆற்றல் விரயமாதல். மைக்ரோ அலைகளைப் பரப்புதலில் மேற்கண்ட முறைகளில் ஆற்றல் விரயமாவதைத் தடுக்க எல்லா முயற்சிகளும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.

மைக்ரோ அடுக்கங்களில் மின்னோட்டம், கடத்திகளின் புற அடுக்குகள் (surface layer) வழியே நிகழுகின்றது. கடத்திகளின் புறத்தே மின்னோட்டத்தின் செறிவு உச்சமாகவும், கடத்திகளுக்கு உள்ளே செல்லச் செல்லச் செறிவு, 'எக்ஸ்பொனென்ஷியலாகவும்' குறைகின்றது. எவ்வளவு ஆழத்தில் மின்னோட்டத்தின் செறிவு, புற அடுக்கிலுள்ள செறிவில் $1/e$ ஆகக் குறைகிறதோ அந்த ஆழத்திற்குப் புறப்பரப்பு ஆழம் (δ) என்று பெயர்.

(புறப்பரப்பு ஆழம்—skin depth)

$$\delta = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\lambda\rho}{30\mu}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (15)$$

இங்கு λ-புறப்பரப்பு-அலைநீளம் (free-space wave length)

ρ-கடத்தியின் மின்தடை.

μ-கடத்தியின் உட்புகு திறன் (permeability) ஆகும். செம்புக்கு உட்புகு திறன் ஒன்று, மின்தடை $\rho = 1 \cdot 72 \times 10^{-6}$ ஓம் செ.மீ. $\lambda = 10$ செ.மீ. ஆக இருக்கும்பொழுது $\delta = 1 \cdot 2 \times 10^{-4}$ செ.மீ ஆகும்

ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியில் எடுத்துச் செல்லப்படக் கூடிய திறனின் உச்ச அளவு அக் கம்பிகளுக்கிடையேயுள்ள மின் கடத்தாப் பொருள்களினால் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது. காற்றுக் கடத்தாப் பொருளாக இருக்கும்பொழுது இந்த மின்னழுத்தத்தின் உச்ச மதிப்பு 30,000 வோல்ட்/செ.மீ. ஆகும். இந்த மின்னழுத்தம், உயரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்கக் குறைகின்றது.

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் உள்ளிடு பகுதியில் கொடுக்கப் பட்டுள்ள மின்னழுத்தத்திற்கும், ஏற்படும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தகவு மின்னெதிர்ப்பு எனப்படும். மின்னெதிர்ப்பு,

$$Z_s = Z_0 \left(\frac{Z_r + Z_0 \tan h\gamma l}{Z_0 + Z_r \tan h\gamma l} \right) \quad \cdots \quad \cdots \quad (16)$$

குறைந்த அடக்கமுள்ள ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளில் இந்தச் சமன்பாடு, கம்பியின் நீளத்தையும், பரப்பல் மாறிலியையும், சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பையும், தடை மின்னெதிர்ப்பையும் (load impedance) பொறுத்திருக்கும். மைக்ரோ அடுக்கங்களில் இயங்கும் கம்பிகளில் கம்பிகளின் நீளமும், பரப்புதல் மாறிலியும் முக்கியமாகக் கருத்தில் கொள்ளப்பட வேண்டியவை. மற்ற இரண்டும் முக்கியமல்ல. இது அலைவழிப்படுத்திக்கும் பொருந்தும்.

மின்காந்த அலை ($T.E.M.$) கம்பியில் செல்லும்போது ஏற்படும் சிறப்பியல்பு அலை மின்னெதிர்ப்பை (characteristic wave impedance) மின் புலத்திற்கும், காந்தப் புலத்திற்கும் ஆற்றல் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் உள்ள தகவு என்றும் கூறலாம். இரண்டிற்கு மேற்பட்ட கடத்திகளையுடைய

கம்பியில் முக்கிய வகைப் பரப்பியில் சிறப்பியல்பு அலை மின்னெதிர்ப்பு

$$Z\omega = 377 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \text{ ஓம்கள் ஆகும்.} \quad \dots \quad \dots \quad (17)$$

இங்கு μ-உட்புகு திறனாகும்.

ε--கடத்தாப் பொருள் மாறிலியாகும்.

காற்றில் இவற்றின் மதிப்பு ஒன்றாகும்.

அலைவழிப் படுத்திகளில் அல்லது ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகளில் TE அல்லது TM அலைகள் செல்லும்போது சிறப்பியல்பு அலை மின்னெதிர்ப்பு கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகளால் பெறப்படுகின்றது. TE அலைகளுக்கு,

$$Z\omega = 377 \left(\frac{\lambda g}{\lambda}\right) \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (18)$$

TM அலைகளுக்கு

$$Z\omega = 377 \left(\frac{\lambda}{\lambda g}\right) \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (19)$$

இங்கு, λg என்பது அலைவழிப்படுத்தியின் அலைநீளமாகும்.

சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு,

$$Z_0 = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{W} = \frac{W}{I^2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (20)$$

ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பிகள், மைக்ரோ அலைகள், சாதனங்களில் மின்சுற்றுகளின் வேலைகளைச் செய்வதற்குப் பயன்படுகின்றன. இவை சில சமயங்களில் தொடர் ஒத்ததிர்வுச் சுற்றுகளாகவும், சில சமயங்களில் இணை ஒத்ததிர்வுச் சுற்றுகளாகவும் செயற்படுகின்றன. ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியின் நீளத்தை l எனக் கொண்டால் இணைமாற்று மின்நிலைமம் (equivalent inductance)

$$L' = \frac{8lZ_0}{\pi^2 C} \text{ ஹென்றிகள்} \quad \dots \quad \dots \quad (21)$$

இணைமாற்று மின்தேக்கு திறன் (equivalent capacitance)

$$C' = \frac{l}{2CZ_0} \quad \therefore \text{பாரட்டுகள்} \quad \dots \quad \dots \quad (22)$$

இணை மின்னெதிர்ப்பு (shunt impedance)

$$RsH = \frac{Z_0}{\alpha l} \text{ ஓம்கள் } \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (23)$$

$$Q = \frac{\pi}{\alpha 4l} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (24)$$

$$\sqrt{\frac{L'}{C'}} = \frac{4}{\pi}\sqrt{\frac{L}{C}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (25)$$

இங்கு, C என்பது ஒளியின் திசைவேகமாகும். α என்பது மெலிப்பான் மாறிலியாகும்.

பிற்சேர்க்கை - 2

ஓரச்சுக் கம்பிகளும் அலைவழிப்படுத்திகளும்

(Coaxial lines and Wave guides)

இரண்டு ஓரச்சு உருளைகளுக்கிடையே ஒரு மின் கடத்தாப் பொருள் வைக்கப்பட்டு அதன் வழியே மின்காந்த அலைகள் செலுத்தப்படுமானால், அந்த அமைப்புக்கு ஓரச்சுக் கம்பிகள் என்று பெயர். மைக்ரோ-அடுக்கங்களில் புறப்பரப்பு ஆழம் (skin depth) மிகவும் சிறியது. எனவே, கடத்துகின்ற தூரம் எல்லையற்ற கனமுடையது என்று கொள்ளலாம். இந்தக் கம்பிகள் வழியே *T. E. M.* அலைகள் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன.

இந்தப் பகுதியில் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அடையாளங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

λ —அலை நீளம்.

f —அடுக்கம்.

ω —கோணதிசை வேகம் $= 2\pi f$.

v —பரப்புதல் திசைவேகம்.

c —ஒளியின் திசைவேகம். $= 3 \times 10^{10}$ செ.மீ./வினாடி.

a —உட்கடத்தியின் வெளி ஆரம்.

b —வெளிக்கடத்தியின் உள் ஆரம்.

ε —மின் கடத்தாப் பொருளியல் மாறிலி = காற்றில் ஒன்று.

ε_1 —ஊடகத்தின் மின்கடத்தாப் பொருளியல் மாறிலி.

μ — உட்புகு திறன் = காற்றில் ஒன்று.

μ_1—இரண்டு கடத்திகளைப் பிரிக்கும் ஊடகத்தின் உட்புகு திறன்.

R —ஒரு சென்டி மீட்டரின் மின் தடை.

L —ஒரு சென்டி மீட்டரின் மின் நிலைமம்.

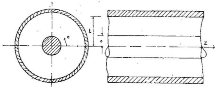
G —ஒரு சென்டி மீட்டரின் மின்கடத்து திறன்.

C —ஒரு சென்டி மீட்டரின் மின்தேக்கு திறன்.

Z_0 —சிறப்புயல்பு மின்னெதிர்ப்பு.

ஓர் ஓரச்சுக் கம்பிகளின் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

பிற்சேர்க்கை-2



படம் 1

ஓரச்சுக் கம்பியின் குறுக்குத் தோற்றம்

ஓரச்சுக் கம்பியின் ஒரு செ. மீ. நீளத்திற்குரிய மின் நிலைமம்

$$L = 0{\cdot}4605\ \mu_1 \left(\log_{10} \frac{b}{a} \right) \times 10^{-8} \text{ ஹென்றி/செ.மீ.} \quad (1)$$

கடத்திகளுக்கிடையேயுள்ள ஒரு செ. மீ. நீளத்திற்கு மின் தேக்கு திறன்,

$$C = \frac{0{\cdot}241\ \varepsilon_1}{\log_{10} \dfrac{b}{a}} \times 10^{-12} \text{ ஃபாரட்/செ. மீ.} \quad \ldots \quad (2)$$

ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்திற்கு மின் தடை,

$$R = \frac{\rho}{2\pi\delta} \left[\frac{1}{b} + \frac{1}{a} \right] = \sqrt{\frac{f\mu\rho}{10^9}} \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{a} \right) \ldots (3)$$

இங்கு, δ — புறப்பரப்பு ஆழம்.

f — அடுக்கம்.

ρ — மின் தடை எண் ஓம்/செ.மீ.

கம்பியின் ஆரங்கள் செ. மீ.களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தாமிரக் கடத்திகளுக்கு,

$$R = 4{\cdot}14 \times 10^{-8} \sqrt{f} \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{a} \right) \text{ ஓம்/செ.மீ.} \quad \ldots \quad (4)$$

ஆற்றல் விரயமாகாதபோது, சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு,

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} = 138 \sqrt{\frac{\mu_1}{\varepsilon_1}} \log_{10} \frac{b}{a} \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

ஆற்றல் விரயம் நிகழும்போது சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பை,

$$Zo = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து பெறலாம்.

பரப்பல் மாறிலி γ வை, எளிய சமன்பாடு,

$$V = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

$$= \alpha + j\beta \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

என்ற சமன்பாடுகளிலிருந்து பெறலாம். இங்கு α என்பது மெலிப்பான் மாறிலியும், β என்பது கட்டபேத மாறிலியுமாகும்.

கட்டபேதமும், அமைப்பிலுள்ள அலையின் நீளமும், $\lambda_1 = \dfrac{2\pi}{\beta}$ என்ற சமன்பாட்டினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

கம்பிகளில் அலைகளின் திசை வேகம் $V = \dfrac{\omega}{\beta}$ என்பதால் உணர்த்தப்படுகின்றது. ஆற்றல் விரயமில்லாதபோது இதே திசைவேகம் $V = \dfrac{C}{\sqrt{\mu_1 \varepsilon_1}}$ என்பதால் உணர்த்தப்படுகின்றது. கம்பியில் உள்ள அலைநீளம் λ_1, வானவெளியில் உள்ள அலைநீளம் λ வுடன், $\lambda_1 = \dfrac{\lambda}{\sqrt{\mu_1 \varepsilon_1}}$ என்ற சமன்பாட்டினால் பொருந்துகின்றது.

மைக்ரோ அலை அடுக்கங்களில் பயன்படுகின்ற எல்லா ஓரச்சுக் கம்பிகளிலும், ஓர் அலைநீளத்திற்கு ஆற்றல் மெலிவு மிகவும் குறைவாகும். எனவே, மெலிப்பான் மாறிலியை $\alpha = \frac{R}{2 Z_0} + \frac{G}{2 Y_0}$ நேப்பர்/செ. மீ. என்று தோராயமாகக் குறிப்பிடலாம்.

ஓரச்சுக் கம்பியில் உச்ச மின்னழுத்த வாட்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பைவிட அதிகரிக்கும்போது, கம்பியில் முறிநிலை ஏற்படும். சாதாரண வளிநிலையில் காற்று மின் கடத்தாப் பொருளாக இருக்கும்போது இது ஒரு செ. மீ. க்கு 30,000 வோல்ட்டுகளாகும்.

எந்த ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியும் அதன் வழியே அலைகளைப் படுத்திச் செல்லுகின்றது. எனவே, அதை அலைவழிப் படுத்தி என்று கூறலாம். பொதுவாக ஓர் ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியில் எண்ணற்ற வகையில் ஆற்றல் பரவும் என்று கண்டோம். மேலும், அவற்றை மூன்று முக்கியப் பகுதிகளாக, அதாவது (1) குறுக்கு மின்காந்த அலைகள் (T. E. M.), (2) குறுக்கு மின் அலைகள் (T. E.), (3) குறுக்குக் காந்த அலைகள் (T. M.) எனப் பிரிக்கலாம் எனக் கண்டோம். இரண்டே கடத்திகள் இருக்கும் பொழுது குறுக்கு மின்காந்த அலைகளும், இரண்டிற்கு மேற்பட்ட கடத்திகள் இருக்கும்பொழுது எண்ணிலடங்காக் குறுக்கு மின் அலைகளும், குறுக்குக் காந்த அலைகளும் பரவுகின்றன. அலைவழிப்படுத்தி என்பது குறுக்கு மின்காந்த அலைகள் பரவாத ஒரு கம்பியாகும். அதாவது ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பியில் இரு வெவ்வேறு கடத்திகள் இருக்கமாட்டா. இதில் பொதுவாக மின்கடத்தாப் பொருளிலான உருளையின்மேல் கடத்தக்கூடிய ஒரு பொருள் அமைந்திருக்கும். அலைவழிப்படுத்திகளில் செவ்வக வடிவ அலைவழிப்படுத்தி, வட்ட வளைய வடிவ அலைவழிப்படுத்தி, நீள் வட்ட வடிவ அலைவழிப்படுத்தி யெனப் பல வகைகள் உண்டு. இவற்றில் ஆற்றல் மெலிவும் ஏற்படுதல் உண்டு. மின்கடத்தும் பொருள்களாலும், மின்கடத்தாப் பொருள்கள் சரியாக அமைக்கப் படாததாலும், ஆற்றல் விரயம் அடிக்கடி ஏற்படுவதுண்டு. இவற்றைப் பற்றியெல்லாம் இச் சிறு நூலில் விவரித்துக் கூற இயலாது.

நாம் மேலே கூறியதுபோல், அலைவழிப்படுத்திகள், ரேடியோ அடுக்கத் திறனை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப் பயன்படுகின்றன. ராடாரில் அவை ரேடியோ அடுக்கத் திறனைத் துடிப்புகள் பரப்பப்படும்பொழுது பரப்பியில் இருந்து

ஆன்டெனுவிற்கும், எதிரொளித் துடிப்புகளைப் பெறும்பொழுது ஆன்டெனுவிலிருந்து ஏற்பிக்கும் எடுத்துச்செல்கின்றன. அலை வழிப்படுத்திகள் மைக்ரோ அடுக்கங்களில் இயங்க மிகவும் உகந்தவை. ரேடியோ அடுக்கத்திறனை நீண்ட அலைநீளங்களில் கொடுப்பதற்கு அலைவழிப்படுத்திகளும் நீண்டதாக இருக்க வேண்டும். ஆனால், அவற்றை உபயோகிப்பது கடினம்.

அலைவழிப்படுத்தியின் நன்மைகள் :

(1) அவை அமைப்பில் எளியவை. ஓரச்சுக் கம்பிகளைப் போல் அவற்றின் உள்ளே கடத்திகள் கிடையா.

(2) மின்புலங்களும், காந்தப் புலங்களும் அலைவழிப்படுத்தியின் உள்ளிடத்திலேயே தொழிற்படுவதால் கதிர் வீசலினால் மிக மிகக் குறைந்த அளவே ஆற்றல் விரயமாகிறது.

(3) அலைவழிப்படுத்திகள், பொதுவாகக் காற்றினால் நிரப்பப்பட்டுள்ளதால் மின்கடத்தாப் பொருளினால் ஏற்படுகின்ற ஆற்றல் விரயம் மிகமிகக் குறைவாகும்.

(4) மேலே (2), (3) ஆகிய பகுதிகளில் கூறப்பட்டவற்றிலிருந்து அலைவழிப்படுத்தியிலிருந்து ஆற்றல் மெலிவு மிகமிகக் குறைவு என்பது புலனாகின்றது. மேலும் படித்தரப் பருமன் அலைவழிப்படுத்தியின் (standard size wave guide) சுவர்களில் வெப்பத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல் விரயம் மிகவும் குறைவென்பது தெரிகின்றது.

(5) அலைவழிப்படுத்திகளின் உச்சத்திறன், ஓரச்சுக்கம்பியின் உச்சத்திறனைவிட அதிகம். $1'' \times \frac{1}{2}''$ அலைவழிப்படுத்தியின் உச்சத்திறன் ஒரு மெகா வாட்டாகும்.

பிற்சேர்க்கை-3

வடிச்சுற்றுகள்

(Filter - Circuits)

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை ஒருதிசை மின்னோட்டத்திலிருந்து பிரிப்பதற்கோ, அல்லது ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்கத்திற்குட்பட்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை வேறு அடுக்கங்கள் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டங்களிலிருந்து பிரிப்பதற்கோ, உபயோகப்படும் மின் சுற்றுகள் வடிச்சுற்றுகள் (filter circuits) எனப்படும். இந்தச் சுற்றுகள் தேவைப்படும் அடுக்கங்களிலுள்ள மின்னோட்டங்களுக்கு மிகக் குறைந்த மின்னெதிர்ப்பையும், தேவையற்ற அடுக்கங்களையுடைய மின்னோட்டங்களுக்கு மிக அதிக மின்னெதிர்ப்பையும் கொடுக்கக்கூடிய முறையில் அமைக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சுற்றுகள் பரவலாக அதிக அடுக்கங்களில் ஒரே சீராகத் தொழிற்படுகின்றன. வடிச்சுற்றுகள் அவற்றின் தொழிற்படுதிறனைப் பொறுத்து நான்கு வகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

(1) வடிகட்டி-குறையடுக்கம் (Low pass filter): இது வெட்டு நிலை அடுக்கம் (cut off - frequency) என்று சொல்லப்படுகின்றது. இந்த வரம்பு அடுக்கத்திற்கு மேற்பட்ட எல்லா அடுக்கங்களையும் நிறுத்திவிடுகின்றது.

(2) வடிகட்டி நிறையடுக்கம் (High pass filter): இது வெட்டும் நிலையடுக்கத்திற்கு மேலேயுள்ள எல்லா அடுக்கங்களையும் அனுமதிக்கின்றது. வெட்டு நிலையடுக்கத்திற்குக் கீழேயுள்ள எல்லா அடுக்கங்களையும் நிறுத்திவிடுகின்றது.

(3) வடிகட்டி - அடுக்கம் செலுத்தும் பட்டை (Band pass filter): இது இரு வெட்டுநிலை யடுக்கங்களுக்கு இடையேயுள்ள எல்லா அடுக்கங்களையும் செலுத்துகின்றது.

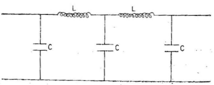
(4) வடிகட்டி - அடுக்கம் நிறுத்தும் பட்டை (Bond stop filter): இது இரு வெட்டு நிலையடுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்ட எல்லா அடுக்கங்களையும் நிறுத்திவிடும். இந்த இரு வெட்டுநிலை அடுக்கங்களுக்கு மேலேயும் கீழேயுமுள்ள எல்லா அடுக்கங்களையும் செலுத்தும்.

இந்த நான்குவகை வடிகட்டிகளைப்பற்றியும் சிறிது விரிவாக இப்போது காண்போம்.

(1) வடிகட்டி குறையடுக்கம் (Low pass filter)

மிக எளிய ஒரு வடிகட்டி - குறையடுக்கச் சுற்றின் அமைப்புப் படம் 1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பிற்சேர்க்கை-3



படம் 1
வடிகட்டி - குறையடுக்கம்

(series arms) மின்நிலைமங்களும், இணைபுயத்தில் (shunt arms) மின் தேக்கிகளும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தொடர்புயத்திலுள்ள மின்னெதிர்ப்பை Z_1 எனவும், இணைபுயத்திலுள்ள மின்னெதிர்ப்பை Z_2 எனவும் கொண்டால்,

$$Z_1 = j\omega L.$$

$$Z_2 = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = \frac{-\omega^2 LC}{4}$$

வெட்டு நிலையடுக்கம் ω_c என்பது மேலேயுள்ள சமன்பாட்டை, 1-க்குச் சமமாக்குவதன்மூலம் பெறப்படுகின்றது. எனவே,

$$-\frac{\omega^2 LC}{4}=-1$$

$$\frac{\omega^2 LC}{4}=1$$

$$\therefore\ \omega_c=2\sqrt{LC} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (1)$$

இந்த அடுக்கத்திற்குக் குறைந்த அடுக்கங்கள் யாவும் எந்தவித மாற்றமுமின்றிச் செலுத்தப்படுகின்றன. இதற்கு மேற்பட்ட அடுக்கங்கள் யாவும் நிறுத்தப்படுகின்றன. செலுத்தப்படுகின்ற பட்டையின் கட்டபேதம் $Cos\,\beta=1-\omega^2\frac{LC}{2}=1-2\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2$ (2)

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது. அடுக்கம் சுழியிலிருந்து வெட்டுநிலை மதிப்பிற்கு மாறும்பொழுது β ன் மதிப்பு சுழியிலிருந்து π ஆகிறது. T பிரிவில் (T section) சிறப்பியல்பு மின்னெதிர்ப்பு,

$$Z_T=\left(\frac{L}{C}-\frac{\omega^2 L^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}=\left(\frac{L}{C}\right)^{\frac{1}{2}}\left(1-\frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

ஆகும்.

இது செலுத்தப்படுகின்ற பட்டையில் மின்தடையாக(resistive) இருக்கும். இதன் மதிப்பு$\left(\frac{L}{C}\right)^{\frac{1}{2}}$-லிருந்து வெட்டுநிலை அடுக்கத்தில் சுழியாக மாறும். நிறுத்தப்படுகின்ற பட்டையில் Z_T என்பது ஒரு தூய மின் மறுப்பாகும். மெலிவு (Attenuation).

$$-\cosh\alpha=1-\frac{\omega^2 LC}{2} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (4)$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது. எதிர்க்குறி (negative sign). அடுத்தடுத்து வருகின்ற பிரிவுகளில் மின்னோட்டங்களின் திசைகள் மாறுகின்றன என்பதைக் காட்டுகின்றது.

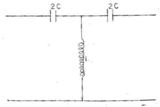
$$Z_1\cdot Z_2=\frac{L}{C}=K^2 \ (\text{மாறிலி})$$

இங்கு, K என்பது அடுக்கத்தைப் பொறுத்து அமையாது. எனவே, மின் தடைத் தன்மையுடையதாகும். ஆகவே, இது ஓம் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகின்றது.

(2) வடிகட்டி - நிறையடுக்கம் (High pass filter) :

ஓர் எளிய வடிகட்டி - நிறையடுக்கச் சுற்றின் அமைப்பு, படம் உ-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்குத் தொடர்புயத்தில் மின் தேக்கிகளும், இணைபுயத்தில் மின் நிலைமமும் உள்ளன.

பிற்சேர்க்கை-3



படம் உ
வடிகட்டி - நிறையடுக்கம்

$$Z_1 = \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z_2 = j\omega L$$

வெட்டுநிலை அடுக்கத்திற்கு,

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = -\frac{1}{4\omega^2 LC}$$

$$= -1, 0$$

$$\therefore \omega_c = \frac{1}{2\sqrt{LC}}, 0 \quad \dots \quad \dots \quad \dots (5)$$

செலுத்தப்படுகின்ற பட்டைக்கு ஒவ்வொரு பிரிவிலும் கட்டபேதம்

$$\cos\beta = 1 - \frac{1}{2\omega^2 LC} = 1 - 2\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2 \quad \dots \quad \dots (6)$$

என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படுகின்றது.

இந்தச் சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு,

$$Z_T = \left(\frac{L}{C} - \frac{1}{4\omega^2 C^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{L}{C}\right)^{\frac{1}{2}}\left(1 - \frac{\omega_c^{\,2}}{\omega^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

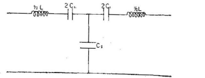
இது நிறுத்துப்பட்டையில் மெய்யான தன்மை இல்லாததாகும் (imaginary). இது வெட்டு நிலையடுக்கத்தில் சுழியிலிருந்து செலுத்தும் பட்டையில் $\left(\frac{L}{C}\right)^{\frac{1}{2}}$ என்ற வரம்பு மதிப்பிற்கு உயருகின்றது.

மேலும், $Z_1 \; Z_2 = \frac{L}{C} = K^2$ (மாறிலி)

(3) வடிகட்டி - அடுக்கம் செலுத்தும் பட்டை (Band - pass filter) :

இந்த வகை வடிச்சுற்றின் எளிய அமைப்பு, படம் 3-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது மிகக் குறைந்த அடுக்கங்களில் தொடர் புயத்தின் மின்னெதிர்ப்பில் மின்தேக்கி ஓங்கி நிற்கும். எனவே,

பிற்சேர்க்கை - 3



படம் 3

வடிகட்டி – அடுக்கம் செலுத்தும் பட்டை

சுற்று மின்தேக்கிவகை மெலிப்பானாக இயங்கும். ஒத்திசைவு அடுக்கங்களைவிட உயர்வான அடுக்கங்களில் தொடர் புயத்தின் மின்னெதிர்ப்பில் மின் நிலைமம் ஓங்கி நிற்கும். இப்பொழுது பிரிவு குறையடுக்க வடிச்சுற்றாக இயங்கும். வெகு அதிக அடுக்கங்கள் மீண்டும் நிறுத்தப்படும். அளவியலாக (quantitatively),

$$Z_1 = j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1}$$

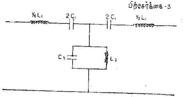
$$Z_2 = \frac{1}{j\omega C_2}$$

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = \frac{1}{4}\left[\frac{C_2}{C_1} - \omega^2 LC_2\right]$$

இது சுழி அடுக்கத்தில் நேர்க்குறியாகும். ஆனால் ω, ஈறிலி (infinity) ஆகும்போது, இதன் மதிப்பும் எதிர்த்திசையில் ஈறிலி யாகும். இதன் மதிப்பு சுழிக்கும்,−1 க்கும் இடையிலிருக்கும் போது செலுத்தப்படுகின்ற பட்டையின் சிறும அடுக்கம், $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}}$ ஆகும். அப்போது $\frac{Z_1}{4Z_2} = 0$ ஆகும். செலுத்தப் படுகின்ற பட்டையின் பெரும அடுக்கம்,

$$\omega_2 = \left[\frac{C_2 + 4C_1}{LC_2 C_1}\right]^{\frac{1}{2}}, \text{ அப்போது } \frac{Z_1}{4Z_2} = -1$$

ஆகும். இப்போது வேறொரு வகை அடுக்கம் செலுத்தும் பட்டை யைக் கவனிப்போம். இதனுடைய அமைப்பு, படம் 4-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இதில் தொடர்புயத்தில் ஒரு தொடர் ஒத்தியைவுச் சுற்றும், இணைபுயத்தில் ஓர் இணை ஒத்தியைவுச் சுற்றும் உள்ளன.



படம் 4
T பிரிவு வடிகட்டி - அடுக்கம் செலுத்தும் பட்டை

இரண்டு சுற்றுகளும் ஒரே அடுக்கத்தில் ஒத்தியைவைப் பெற்றால் பிறகு சுற்றானது அடுக்கப் பட்டையைச் செலுத்தும் பண்பைப் பெற்றிருக்கும்.

தொடர் மின்னெதிர்ப்பை Z_1 என்றும், இணை மின்னெதிர்ப்பை Z_2 என்றும் கொண்டால்,

$$Z_1 = j\left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}\right)$$

$$= j\left(\frac{\omega^2 L_1 C_1 - 1}{\omega C_1}\right)$$

$$Z_2 = \frac{L_2/C_2}{j\left(\omega L_2 - \dfrac{1}{\omega C_2}\right)} = \frac{\omega L_2}{j(\omega^2 L_2 C_2 - 1)}$$

$$\therefore \quad Z_1 Z_2 = \frac{L_2}{C_1}\left[\frac{\omega^2 L_1 C_1 - 1}{\omega^2 L_2 C_2 - 1}\right]$$

$$= \frac{L_2}{C_1} \left\{ L_1 C_1 = L_2 C_2 \text{ ஆக இருக்கும் பொழுது} \right\}$$

$$\omega_0{}^2 = \frac{1}{L_1 C_1} = \frac{1}{L_2 C_2} \text{ ஆனதால்,}$$

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = -\frac{\left(\dfrac{\omega^2}{\omega_0{}^2} - 1\right)^2}{4\omega^2 L_2 C_1}$$

செலுத்தப்படும் பட்டைக்கு $\dfrac{Z_1}{4Z_2} = 0$ அல்லது -1 ஆகும்.

$\dfrac{Z_1}{4Z_2} = 0$ ஆனால், $\omega = \omega_0$. இது வெட்டு நிலை அடுக்கம் அன்று.

$\dfrac{Z_1}{4Z_2} = -1$ ஆனால்,

$$\frac{\left(\dfrac{\omega^2}{\omega_0{}^2} - 1\right)^2}{4\omega^2 L_2 C_1} = 1$$

$$\omega = \omega_0\left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} \pm \sqrt{\left(\frac{C_1}{C_2}\right)}\right]$$

ω_1, ω_2 இதன் மதிப்புகளானால்,

$$\omega_1 = \omega_0\left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} + \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right]$$

$$\omega_2 = \omega_0\left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} - \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right]$$

எனவே, $\omega_1 \omega_2 = \omega_0{}^2$.

ஒத்தியைவு அடுக்கம் இரு வெட்டு நிலை அடுக்கங்களின் ஜியோமிதி சராசரி (geometric-mean) ஆகும்.

எனவே, $\omega = {}_1\omega$ ஆனால், $Z_T = 0$.

$\omega = \omega_2$ ஆனால், $Z_T = 0$.

$\omega = \omega_0$, $\sqrt{\dfrac{L_2}{C_1}} = K.$

மேலும், $K^2 = \dfrac{L_2}{C_1} = \dfrac{L_1}{C_2}$.

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{2K}{L_1}$$

$$\therefore \quad L_1 = \frac{2K}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{K}{\pi (f_1 - f_2)}$$

$$C_1 = \frac{1}{L_1 \, \omega_2 \, \omega_1} = \frac{\pi (f_1 - f_2)}{K \omega_1 \, \omega_2} = \frac{\pi (f_1 - f_2)}{K \cdot 4 \, \pi^2 f_1 f_2}$$

$$= \frac{f_1 - f_2}{4 \pi K f_1 f_2}$$

$$L_2 = K^2 \, C_1 = \frac{K (f_1 - f_2)}{4 \, \pi f_1 f_2}$$

$$C_2 = \frac{1}{\pi K (f_1 - f_2)}.$$

இவ்வாறு L_1, C_1, L_2, C_2 இவற்றின் மதிப்புகளை K_1, f_1, f_2 ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் கணக்கிடலாம்.

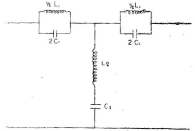
(4) வடிகட்டி - அடுக்கம் நிறுத்தும் பட்டை (Band stop filter) :

வடிகட்டி - அடுக்கம் நிறுத்தும் பட்டைச் சுற்றுகள் என்பவை ஒரு குறிப்பிட்ட பட்டையைத் தவிர மற்ற எல்லா அடுக்கங்களையும் செலுத்த வல்ல சுற்றும். இத்தகைய சுற்றின் அமைப்பு, படம் 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொடர்புயத்தில் ஓர் இணை ஒத்ததிர்வுச் சுற்றும் இணை புயத்தில் ஒரு தொடர் ஒத்ததிர்வுச் சுற்றும் உள்ளன. தொடர்புய மின்னெதிர்ப்பை Z_1 என்றும், இணைபுய மின்னெதிர்ப்பை Z_2 என்றும் குறிப்பிட்டால் பிறகு,

$$Z_1 = \frac{j\,\omega\, L_1 \dfrac{1}{j\,\omega\, C_1}}{j\,\omega\, L_1 + \dfrac{1}{j\,\omega\, C_1}} = \frac{\omega\, L_1}{j\,(\omega^2\, L_1\, C_1 - 1)}$$

$$Z_2 = j\omega L_2 + \frac{1}{j\,\omega\, C_2} = j\left[\frac{\omega^2\, L_2\, C_2 - 1}{\omega\, C_2}\right]$$

பிற்சேர்க்கை 5



படம் 5

T பிரிவு வடிகட்டி - அடுக்கம் நிறுத்தும் பட்டை

இதன் அமைப்பு, பட்டை செலுத்தும் சுற்றின் அமைப்பைப் போலவே உள்ளது. எனவே,

$$Z_1\; Z_2 = \frac{L_2}{C_1} = \frac{L_1}{C_2} = K^2 \text{ (மாறிலி)}$$

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = 0 \text{ அல்லது } -1 \text{ ஆகும்.}$$

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = 0 \text{ ஆனால், } \frac{\omega^2\, L_1\, C_2}{(\omega^2 L_1 C_1 - 1)\,(\omega^2 L_2 C_2 - 1)} = 0.$$

$$\therefore\; (\omega^2 L_1 C_1 - 1)\,(\omega^2 L_2 C_2 - 1) = \infty \text{ (ஈறிலி)}$$

$$\frac{Z_1}{4Z_2} = -1 \text{ ஆனால் } \frac{\omega^2 L_1 C_2}{(\omega^2 L_1 C_1 - 1)\,(\omega^2 L_2 C_2 - 1)} = 4.$$

அதாவது $\omega = \frac{\omega_0}{4}\left[\sqrt{\left(16 + \frac{C_2}{C_1}\right)} \pm \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\right]$

ω_1, ω_2 ஆகியவை, ω வின் இரு மதிப்புகளானால்,

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{4}\left[\sqrt{\left(\frac{C_2}{C_1} + 16\right)} + \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\right]$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_0}{4}\left[\sqrt{\left(\frac{C_2}{C_1} + 16\right)} - \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\right]$$

$\therefore\ \omega_1\,\omega_2 = \omega_0{}^2.$

இவ்வாறு ஒத்தியைவு அடுக்கம் இரு வெட்டு நிலையடுக்கங் களின் ஜியோமிதி சராசரிக்குச் சமமாகும்.

மேலும், $\omega = 0$ ஆனால் மின்னெதிர்ப்பு $Z_T = K$

$\omega = \omega_1$ ஆனால் $Z_T = 0.$

$\omega = \omega_2$ ஆனால் $Z_T = 0.$

$\omega = \infty$ ஆனால் $Z_T = K$

$\omega = \omega_0$ ஆனால் $Z_T =$ மெய்யற்றதாகும்.

மேலே சொல்லப்பட்ட வடிச்சுற்றுகள் K வழி (K-derived) அல்லது மாறிலி K வடிச்சுற்றுகள் எனப்படும். அவற்றில் $Z_1 \cdot Z_2 = K^2$. இங்கு, K என்பது ஒரு மாறிலியாகும். இது அடுக்கத்தைப் பொறுத்தது அன்று. இந்த வகை வடிச்சுற்றுகளில் இரண்டு முக்கியக் குறைபாடுகள் உண்டு.

(1) அவற்றின் சிறப்பியல் மின்னெதிர்ப்பு, செலுத்தப்படும் பட்டையில் போதுமான அளவு நிலையாக இருப்பதில்லை; அடுக் கத்துடன் மாறுபடுகின்றது. எனவே, இந்த வடிச்சுற்று பட்டை முழுவதும் சரியான வரம்பில் இயங்காது.

(2) மெலிவு, செலுத்தப்படுகின்ற பட்டையின் எல்லையில் மிக விரைவாக உயர்வதில்லை.

மேலே சொல்லப்பட்ட குறைபாடுகளை நீக்குவதற்காக சோபல் (Zobel) என்பார் m வழி (m-derived) வடிச்சுற்று ஒன்றை

அமைத்தார். இத்தகைய சுற்றுகள் செலுத்தப்படும் பட்டையின் பெருமளவுப் பகுதியில் ஒரே சீரான மின்னெதிர்ப்பைக் கொடுத்தன. அவை அதே சமயத்தில் வெட்டுநிலை அடுக்கங்களில் திடீரென மாறின. சில சமயங்களில் m வழி வடிச்சுற்றுகளும், K வழி வடிச்சுற்றுகளும் சேர்த்தே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 600 ஓம்கள் கம்பிக்கு வினாடிக்கு 2500 சுற்றுகள் வரை அடுக்கங்களைச் செலுத்த ஒரு வடிகட்டி குறையடுக்கச் சுற்றை எவ்வாறு அமைப்பாய்?

(a) T பிரிவு (b) π பிரிவு

வடிகட்டி - குறையடுக்கச் சுற்றிற்கு Z_1, Z_2 ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை அடுக்கத்தைப் பொறுத்ததன்று.

$$K^2 = Z_1 Z_2 = j\omega L. \frac{1}{j\omega C} = \frac{L}{C}$$

வடிகட்டி - குறையடுக்கத்திற்கு வெட்டுநிலை அடுக்கம்

$$fc = \frac{1}{\pi \sqrt{LC}}$$

$$\therefore \ L = \frac{K}{\pi fc} = \frac{600}{3.14 + 2500}$$

$$= \frac{6}{78 \cdot 5}$$

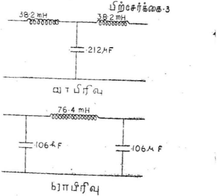
$$= 76 \cdot 4 \ mH$$

$$C = \frac{1}{\pi K fc} = \frac{1}{3 \cdot 14 \times 600 \times 2500}$$

$$= \frac{1}{3 \cdot 14 \times 15 \times 10^5}$$

$$= 0 \cdot 212 \ \mu F$$

இவற்றைக் கொண்டு வடிச்சுற்றைக் கீழ்க்கண்ட வாறு அமைக்கலாம்.



படம் 6

(a) T பிரிவு (b) π பிரிவு

2. ஒரு வடிச்சுற்று — செலுத்தும் பட்டையில், இணை, தொடர்புயங்களில் மின்தேக்கு திறன்களின் தகவு $100 : 1$ ஆகும். இரண்டு புயங்களிலும் ஒத்திசைவு அடுக்கம் 1000 சைக்கிள்கள் / விநாடி செலுத்தப்படும் பட்டையின் அகலத்தைக் கணக்கிடு.

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{100}{1} \text{ என்றும்}$$

$fc = 1000$ சுற்றுகள் / விநாடி என்றும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

வடிச்சுற்று — செலுத்தும் பட்டையில்

$$f_1 = f_0 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{C1}{C_2} \right)} + \sqrt{\frac{C1}{C_2}} \right]$$

$$f_2 = f_0 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2} \right)} - \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \right]$$

செலுத்தப்படும் பட்டை =

$$f_1 - f_2 = 2 f_0 \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

$$= 2 \times 1000 \sqrt{\frac{1}{100}}$$

$$= 200 \text{ சுற்றுகள்/வினாடி.}$$

3. சிறப்பியல் மின்னதிர்ப்பு 600 ஓம்களும், வெட்டுநிலை அடுக்கம் 3 கிலோ சைக்கிள்/வினாடியும் உள்ள ஒரு T-பிரிவு வடிச் சுற்று-குறை அடுக்கத்தின் மின்தேக்கு திறன், மின்நிலைமம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு.

$$fc = \frac{1}{\pi \sqrt{LC}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

சிறப்பியல் மின்னெதிர்ப்பு $= K^2 = Z_1 Z_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$

$$K^2 = \omega L . \frac{1}{\omega C} = \frac{L}{C}$$

$$(600)^2 = \frac{L}{C}$$

$$L = (600)^2 \, C \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3$$

வெட்டுநிலை அடுக்கம் $fc = 3 \times 10^3$ சுற்றுகள்/வினாடி. எனவே சமன்பாடு (1) லிருந்து

$$3 \times 10^3 = \frac{1}{3{\cdot}14 \sqrt{(600)^2 \, C^2}}$$

$$= \frac{1}{3{\cdot}14 \times 600 \, C^2}$$

$$\therefore \; C = \frac{1}{3 \times 10^3 \times 3{\cdot}14 \times 600}$$

$$= \frac{10^{-3}}{5652}$$

$$C = 0{\cdot}177 \times 10^{-6} \text{ ஃபாரட்}$$

இந்த C-யின் மதிப்பை சமன்பாடு (3) ல் இட்டால்

$$L = 600 \times 600 \times 0{\cdot}177 \times 10^{-6}$$

$$= 63{\cdot}72\ mH.$$

4. 600 ஓம்கள் வரம்புள்ள ஒரு வடிச்சுற்று - உயரடுக்கம் 20,000 சுற்றுகள் / விநாடிக்குக் கீழே நிறுத்தவேண்டும். ஒரு T பிரிவில் இணை, தொடர் புயங்களில் உள்ள மின்தேக்கி, மின் நிலைமங்களை ஒப்பிடுக.

T பிரிவு வடிச்சுற்று - உயரடுக்கத்திற்கு

$$fc = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$K = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடு (1) லிருந்து

$$20{,}000 = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

சமன்பாடு (2)-லிருந்து

$$600 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

சமன்பாடுகள் (3), (4) லிருந்து

$$\frac{1}{4\pi C} = 600 \times 20{,}000$$

$$\frac{1}{C} = 4 \times 3{\cdot}14 \times 600 \times 20{,}000$$

$$C = \frac{1}{4 \times 3{\cdot}14 \times 600 \times 20{,}000}$$

$$= \frac{1 \times 10^{-6}}{15172}$$

$$= 0{\cdot}0066 \mu F$$

ஆனால் T பிரிவின் 2 தொடர்புயத்தில் C உள்ளது. எனவே, தொடர்புய மின்தேக்கி, $= 0{\cdot}0132 \mu F$.

$$\frac{K}{fc} = 4\pi L$$

$$L = \frac{K}{4\pi fc} = \frac{600}{4 \times 3{\cdot}14 \times 20{,}000}$$

$$= 0{\cdot}0239$$

$$L = 2{\cdot}39 \ mH.$$

5. 600 ஓம்கள் வரம்புப் படுத்தப்பட்ட ஒரு வடிச்சுற்று உயரடுக்கம் கீழ்வெட்டு நிலையில் 120 கிலோ சைக்கிள் / விநாடியையும் மேல்வெட்டு நிலையில் 123 கிலோ சைக்கிள் / விநாடியையும் பெற்றுள்ளது. தொடர் இணைபுயங்களிலுள்ள மின்தேக்கி, மின்நிலைமங்களைக் கணக்கிடு.

$$\omega_1 = \omega_0 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} + \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right] \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (1)$$

$$\omega_2 = \omega_0 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} - \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right] \quad \ldots \quad (2)$$

$$2\pi \times 120 \times 10^3 = \omega_0 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} + \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right] \ldots \quad (3)$$

$$2\pi \times 123 \times 10^3 = \omega_0 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)} - \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right] \quad (4)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2)-லிருந்து

$$\frac{\omega_1 + \omega_2}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{\sqrt{\left\{\left(\frac{C_1}{C_2}\right) + 1\right\}}}{\sqrt{\left(\frac{C_1}{C_2}\right)}}$$

$$\frac{243}{3} = \sqrt{1 + \frac{C_2}{C_1}}$$

$$81 = \sqrt{1 + \frac{C_2}{C_1}}$$

$$6561 = 1 + \frac{C_2}{C_1}$$

$$\therefore \frac{C_2}{C_1} = 6560 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

மேலும்,

$$L_1C_1 = L_2C_2 = \frac{1}{\omega_0{}^2} = \frac{1}{123\times120\times4\pi^2\times10^6} \quad (6)$$

$$\therefore \frac{L_1}{L_2} = \frac{C_2}{C_1} = 6560 \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

$$= \frac{L_1}{C_2} = K^2 = 3600 \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

சமன்பாடுகள் (6), (8) லிருந்து,

$$\frac{L_1{}^2 C_1}{C_2} = \frac{3600}{123\times120\times4\pi^2\times10^6}$$

$$\therefore L_1{}^2 = \frac{3600\times C_2/C_1}{123\times120\times4\pi^2\times10^6}$$

$$= \frac{3600\times6560}{123\times120\times4\pi^2\times10^6}$$

$$L_1 = 6\cdot451\ mH.$$

$$L_2 = \frac{L_1}{C_2/C_1} = \frac{L_1}{6560} = \frac{0\cdot451}{6560}$$

$$= 9\cdot8\ \mu H$$

$$C_2 = \frac{L_1}{K^2} = \frac{6\cdot451}{3600} = 0\cdot177\mu F$$

$$C_1 = \frac{C_2}{6560} = 53\cdot9\mu\mu F$$

6. மின் நிலைமம் 2 ஹென்றியும், மின்தேக்குதிறன் $8\mu F$-ம் உள்ள ஒரு மின் சுற்றின் ஒத்தியைவு அடுக்கம் யாது?

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$L = 2 \text{ ஹென்றி}$$

$$C = 8\times10^{-6} \text{ ஃபாரட்}$$

$$f = \frac{1}{6\cdot28\times\sqrt{2\times8\times10^{-6}}}$$

$$= 39\cdot8 \text{ சைக்கிள்/விநாடி.}$$

பிற்சேர்க்கை–4

அலை உருவை நிர்ணயிக்கும் சுற்றுகள்

(Wave - Shaping Circuits)

பகுமின் சுற்றுகள் (differentiating circuits), தொகுமின் சுற்றுகள் (integrating circuits), கத்தரிக்கும் சுற்றுகள் (clipping circuits) அல்லது வரம்புச் சுற்றுகள் (limiting circuits), பற்றிப் பொருத்தும் சுற்றுகள் (clamping circuits) ஆகியவை ஒரு துடிப் பின் அலைவடிவத்தை நிர்ணயிக்கின்ற சுற்றுகளில் முக்கியமான வையாகும். இவற்றைப்பற்றிச் சுருக்கமாக இந்தப் பகுதியில் காண்போம்.

(1) பகுமின் சுற்றுகள் (Differentiating circuits)

ஓர் அலையைப் பகுத்தற்குரிய எளிய சுற்றுகள் படங்கள் 1(a), 1 (b) யில் காட்டப்பட்டுள்ளன. 1 (a)-யில் ஒரு சிறிய மின்தடை ஒரு மின்தேக்கியுடன் தொடரிணைப்பு முறையிலும், 1 (b)-யில் ஒரு பெரிய மின்தடை ஒரு சிறிய மின்நிலைமத் துடன் தொடரிணைப்பு முறையிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

இப்போது சுற்று 1 (a) வைப் பார்ப்போம். ei என்பது உள்ளிடு அளவு மின்னழுத்தமும், e_0 வெளிவரு அளவு மின் னழுத்தமும், i என்பது சுற்றில் ஓடுகின்ற மின்னோட்டமுமானால் மின்தேக்கி C-யில் தொடக்க மின்னழுத்தம் சுழியாக வரும்போது

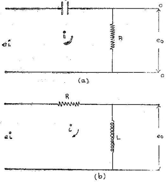
$$ei = \frac{q}{C} + iR$$

இங்கு q என்பது மின்தேக்கியின் மின்னூட்டமாகும்.

அல்லது $$ei = \frac{1}{C}\int idt + iR$$

கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தின் இடைவெளியுடன் ஒப்பிடும் போது நேரமாறிலி RC சிறியதாக இருக்குமானால், மின்தேக்கி

பிற்சேர்க்கை-4



படம் (1) a, b.
பகுமின் சுற்றுகள்

விரைவில் மின்னூட்டமும், மின்னிறக்கமு மடையும். அதாவது ei-ன் சமன்பாட்டிலுள்ள இரு பகுதிகளிலும் $\frac{1}{C}\int idt$ ஓங்கி நிற்கும்.

$$ei \cong \frac{1}{C}\int idt$$

$$i \cong C \, . \frac{dei}{dt}$$

இந்தச் சுற்றில் வெளிவரு மின்னழுத்தத்தை Rக்கு இடையே எடுக்கவேண்டியிருப்பதால்,

$$e = iR$$

$$\cong Rc\,\frac{dei}{dt}$$

RC மிகச்சிறியதானதாலும், மாறிலியாக இருப்பதாலும்,

$$e_0 \propto \frac{dei}{dt}.$$

அதாவது வெளிவரு மின்னழுத்தம், உள்ளிடு மின்னழுத்தத்தின் மாறுபடு அளவிற்கு (derivative) நேர்விகிதத்திலிருக்கும். உள்ளிடு அலை, வேறுேர் அலையைத் தோற்றுவிப்பதால், பகுக்கப்படுவதாகச் சொல்லப்படுகிறது. தோற்றுவிக்கப்படும் அலையின் வடிவம் உள்ளிடு அலையின் $\frac{dei}{dt}$ யினுல் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது.

இப்போது படம் 1 (b)-ல் உள்ள சுற்றைப் பார்ப்போம்.

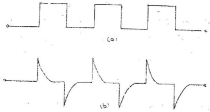
$$ei = L\frac{di}{dt} + Ri.$$

நேரமாறிலி $\frac{L}{R}$ சிறியதாக விருந்தால், Ri என்பதே முக்கியமாகும்.

எனவே, $ei \triangleq Ri$

$$i \triangleq \frac{ei}{R}$$

பிற்சேர்க்கை -4



a) உள்ளிடு சதுர அலை
b) பகுக்கப்பட்ட வெளிவரு அலை.

படம் 2

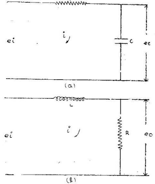
வெளிவரு மின்னழுத்தம் Lக்கு இடையே எடுக்கப்படுவதால்,

$$e_0 \cong L \frac{di}{dt}.$$

$$e_0 \cong L \frac{d}{dt}\left(\frac{ei}{R}\right) = \frac{L}{R}\frac{dei}{dt}$$

$\frac{L}{R}$ சிறியதாக விருக்கும்பொழுது e_0, உள்ளிடு மின்னழுத்தத்தின் மாறுபடு அளவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். இவ்வாறு இந்தச் சுற்றும் உள்ளிடு அலையைப் பகுக்கிறது. சதுர அலைகள் உள்ளிடு அலைகளாக விருக்கும்போது பகுக்கப்பட்ட வெளிவரு அலைகளின் வடிவம் படம் (2)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பிற்சேர்க்கை-4



படம் 3 (a), (b)
தொகுமின் சுற்றுகள்

(2) தொகுமின் சுற்றுகள் (Integrated circuits)

இந்த வகை எளிய சுற்றின் அமைப்பு, படம் 3 (a), 3 (b)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படம் 3 (a)-ல் ஓர் உயர் மின்தடை,

ஓர் உயர் மின்தேக்கியுடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. வெளிவரு மின்னழுத்தம் C க்கு இடையே எடுக்கப் பட்டுள்ளது. படம் 8 (b) - ல் ஓர் உயர் மின்னிலைமம் L, ஒரு சிறிய மின்தடை R உடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. வெளிவரு மின்னழுத்தம் R க்கு இடையே எடுக்கப் படுகின்றது.

படம் 8 (a) ஐப் பொறுத்து உள்ளிடு அலைக்குக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை எழுதலாம்.

$$ei = \frac{1}{C}\int idt + iR$$

$$i = \frac{ei}{R} - \frac{1}{RC}\int idt$$

நேரமாறிலி RC மிகப்பெரியதாகவிருந்தால் $\frac{1}{RC}\int idt$ என்பது மிகச்சிறியதாக விருக்கும்.

எனவே, $i \doteq \frac{ei}{R}$.

இந்தச் சுற்றில் வெளிவரு மின்னழுத்தம் C க்கு இடையே எடுக்கப்படுவதால், வெளிவருமின்னழுத்தம்,

$$e_0 = \frac{1}{C}\int idt.$$

$$= \frac{1}{C}\int \frac{ei}{R}\,dt.$$

$$= \frac{1}{RC}\int eidt.$$

வெளிவரு மின்னழுத்தம், உள்விடு மின்னழுத்தத்தின் தொகுப் பிற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது என்பது மேலே கண்ட சமன்பாட்டி லிருந்து தெளிவாகப் புலனாகின்றது. இவ்வாறு உள்ளிடு அலை இந்த அலையைத் தோற்றுவிக்கும்போது, தொகுக்கப்படுவதாகக் கூறப்படுகின்றது. தோற்றுவிக்கப்பட்ட அலையின் வீச்சு, உள்ளிடு அலையின் தொகுப்பிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

இப்போது படம் 3 (b) யைக் கவனிப்போம்.

உள்ளிடு மின்னழுத்தம்,

$$ei = L\frac{di}{dt} + Ri.$$

$$i = \frac{ei}{R} - \frac{L}{R}\frac{di}{dt}.$$

உள்ளிடு அலையின் இடைவெளியுடன் (interval) ஒப்பிடும் போது, நேர மாறிலி $\frac{L}{R}$ பெரியதாக விருக்குமானல் ei என்பது $L\frac{di}{dt}$ ஆல் நிர்ணயிக்கப்படும். எனவே,

$$ei \triangleq L\frac{di}{dt}$$

$$i = \frac{1}{L}\int eidt + i_0$$

இங்கு i_0 என்பது தொடக்கத்தில் உள்ள தூண்டு மின்னோட்டமாகும் (inductor current).

$$i_0 = 0 \text{ ஆனல்,}$$

$$i \triangleq \frac{1}{L}\int eidt.$$

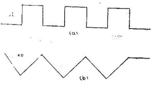
எனவே, R-க்கு இடையே வெளிவரு மின்னழுத்தம்

$$e_0 = iR \triangleq \frac{R}{L}\int eidt.$$

$\frac{L}{R}$ பெரியதாகவிருக்கும்போது e_0 உள்ளிடு மின்னழுத்தத்தின் தொகுப்பிற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

செவ்வக வடிவ உள்ளிடு மின்னழுத்தத்திற்குத் தொகுக்கப்பட்ட வெளிவரு மின்னழுத்தத்தின் வடிவம் படம் 4-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

பிற்சேர்க்கை - 4

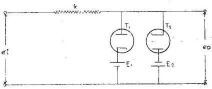


a) உள்ளீடு அலை
b) தொகுக்கப்பட்ட வெளி அலை

படம் 4

(3) கத்தரிக்கும் சுற்றுகள் அல்லது வரம்புச் சுற்றுகள் (Clipping or limiting circuits) :

பிற்சேர்க்கை - 4



படம் 5
டயோடு உச்சவரம்புச் சுற்று

ஓர் அலையின் வடிவத்தைக் கிடைமட்டப்படுத்துவதோ (flattening) ஒரு குறிப்பிட்ட மேற்கோள் மின்னழுத்தத்திற்குக்

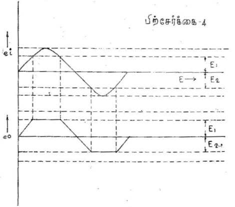
(reference voltage level) கட்டுப்படுத்துவதோ கத்தரித்தல் (clipping) எனப்படும். கத்தரித்தல் மூன்று வகைப்படும்.

(a) உச்சியைக் கத்தரித்தல் அல்லது உச்சியை வரம்புப் படுத்தல் (peakclipper or peak limiter) :

இந்த வகையில் அலையின் உச்சிப்பகுதி (top portion) நேர்ப் பகுதி, எதிர்ப்பகுதி ஆகிய இரண்டு பகுதிகளிலும் சுற்றினுல் வரையறுக்கப்படும் எல்லைக்குட்பட்டுக் கத்தரிக்கப்படுகின்றது. இதை ஒரு டயோடு அல்லது டிரயோடு மின்குழாயைக் கொண்டு செய்யலாம்.

படம் 5-ல் ஒரு டயோடு கத்தரிக்கும் சுற்று காட்டப்பட் டுள்ளது.

$ei < E_1$ ஆக இருக்கும்போது T_1 என்ற டயோடு உள்ளிடு அலையில் நேர்க்குறி உச்சியில் (positive peak) கடத்தாது. மேலும்



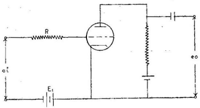
படம் 6
உச்சிகள் வரம்பிடப்பட்ட அலை

எதிர்க்குறி உச்சிகளில் $ei < E_2$ ஆக இருந்தால், T_2 என்ற டயோடும் கடத்தாது. எனவே ei ஆனது E_1-க்கும், E_2-க்கும்

இடைப்பட்ட மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்போது, இரண்டில் எந்த டயோடும் கடத்தாது. ஆகவே, உள்ளிடு மின்னழுத்தம் வெளிவருபகுதிக்கு நேரடியாகச் செலுத்தப்படும். ஆனால், *ei* நேர்க்குறி முறையில் E_1-ஐவிட அதிகமானல் (*ei* more positive than E_1) டயோடு T_1 கடத்தும். அப்போது தொடர் மின்தடை R தேவையான அளவு உயர்மதிப்பைப் பெற்றிருக்குமானல் இந்தக் கடத்தல் வெளிவரு மின்னழுத்தத்தில் நேர்க்குறி உச்சிகளைக் கத்தரிக்கும். இந்தக் கத்தரிப்பு E_1-ன் மதிப்பிற்குத் தோராயமாகச் சமமாயிருக்கும். இதேமாதிரி *ei* எதிர்க்குறி முறையில் E_2 வை விட அதிகமாகயிருந்தால் (ei should be more negative than E_2) T_2 கடத்தும். தொடர் மின்தடை R தேவையான மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்போது இந்தக் கடத்தல் வெளிவரு மின்னழுத்தத்தின் எதிர்க்குறி உச்சிகளை ஒரு வரம்பிற்கு உட்படுத்தும். இதன் மதிப்பு வெளிவரு மின்னழுத்தத்தின் E_2 க்குச் சமமாகும். இவ்வாறு இரு உச்சிகளும் கத்தரிக்கப்படுகின்றன. இவை படம் 6-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

படம் (7)-ல் ஒரு டிரயோடு கத்தரிக்கும் சுற்று காட்டப்பட்டுள்ளது.

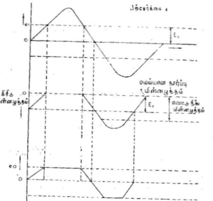
பிற்சேர்க்கை-4



படம் 7
டயோடு உச்சவரம்புச் சுற்று

இந்தச் சுற்றில் கிரிடும் எதிர் மின்வாயும் படம் 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ள டயோடு T_1-ஐப்போல் தொழிற்படுகின்றன. இது வெளிவரு மின்னழுத்தத்தின் நேர்க்குறி உச்சிகளை E_1 அளவிற்குக் கத்தரிக்கிறது. இதற்குக் கிரிடு வரம்பு (grid limiting) என்று பெயர்.

உள்ளிடு மின்னழுத்தம் e_i-ன் எதிர்க்குறி உச்சிகளில், e_i-ன் வீச்சு, வெட்டுநிலை கிரிடு மின்னழுத்தத்துடன் ஒப்பிடும்போது, மிக அதிக அளவினதாகும். எனவே, மின்குழாய் கடத்துவதில்லை. இதனால் வெட்டுநிலைச் சார்பு மின்னழுத்தத்தில் (cut-off bias) அலைவடிவம் கிடைமட்டமாகிறது. வரம்புப்படுத்தப்பட்ட அலை வடிவம் படம் 8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8

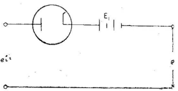
டிரயோடு சுற்றினால் கத்தரிக்கப்பட்ட சைன் அலை

(b) அடிவாய்க் கத்தரிப்பு (Base clipper) :

ஒரு டயோடு அடிக்கத்தரிச் சுற்றின் அமைப்பு, படம் 9-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்ளிடு மின்னழுத்தத்தின் வீச்சு E_1-ஐ விட அதிகமாயிருக்கும்போதுமட்டுமே, வெளிவரு மின்னழுத்தம் கிடைக்கும் என்பது படம் 9 லிருந்து புலனாகின்றது. இவ்வாறு உச்சிப்பகுதிமட்டும் படம் 10-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

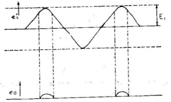
இத்தகைய அலைக் கத்தரிப்பை டயோடிற்குப் பதிலாக டிரயோடு மின்குழாயைப் பயன்படுத்தியும் பெறலாம். நீக்கப்பட வேண்டிய பகுதி E_1-க்குக் கீழே யிருப்பதாகக் கொள்வோம்.

பிற்சேர்க்கை-4



படம் 9
டயோடு அடிக்கத்தரிப்புச் சுற்று

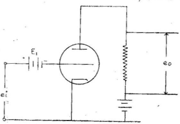
பிற்சேர்க்கை-4



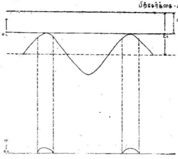
படம் 10
அடி கத்தரிக்கப்பட்ட அலை வடிவம்

இதற்கு மின்குழாய்க்கு $E_c + E_1$ அளவு எதிர்க்குறி ஒரு நூற்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படவேண்டும். E_1 என்பது வெட்டுநிலை

மின்னழுத்தத்தைக் குறிக்கும். இந்த அமைப்பு படம் 11-லும் அலைவடிவம் படம் 12-லும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



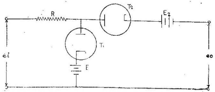
படம் 11
டிரயோடு அடிக்கத்தரிப்புச் சுற்று



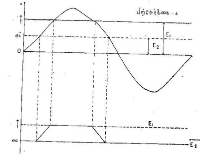
படம் 12
கத்தரிக்கப்பட்ட அலைவடிவம்

(c) கூறுபடுத்தி (Slicer) :

ஓர் அமைப்பில் உச்சியும் அடிப்பகுதியும் நீக்கப்பட்டிருந்தால், அதாவது அலையின் ஒரு பகுதிமட்டும் வெளிவரும் பகுதி



படம் 13
கூறுபடுத்தும் சுற்று



படம் 14
கூறுபடுத்தப்பட்ட அலை வடிவம்

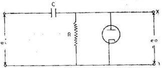
யில் தோன்றினால், அச் சுற்று கூறுபடுத்தி என அழைக்கப்படுகின்றது. இத்தகைய சுற்று, படம் 13-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இதில் T_1, T_2 ஆகிய இருடையோடுகள் E_1, E_2 என்ற குறிப்பிட்ட அளவுகளில் ஒரு நுட்ப மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. கூறுபடுத்தும் முறை (slicing action) படம் 14-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(4) பற்றிப் பொருத்தும் சுற்று (Clamping circuit) :

ஒரு பெருக்கியின் வெளிவரு பகுதியில் தேவையான அளவு ஒரு திசை மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதற்குப்பற்றிப் பொருத்தும் சுற்று (clamper அல்லது d. c. restorer) என்ற ஒரு சுற்று பயன்படுகிறது. இத்தகைய ஓர் எளிய சுற்றில் ஒரு டையோடும் மின்தடை-மின்தேக்கி அமைப்பும் உள்ளன.

பிற்சேர்க்கை 4



படம் 15
டையோடு பற்றிப் பொருத்தும் சுற்று

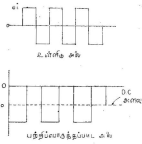
இத்தகைய சுற்றில் (படம் 15-ல்)

(1) மூலமும் (source), டையோடும் குறைந்த மின்தடையுள்ளனவாக இருக்கவேண்டும்.

(2) உள்ளிடு அலையின் அலைவு நேரத்துடன் ஒப்பிடப்படும் பொழுது நேர மாறிலி RC மிக அதிகமாயிருக்கவேண்டும். X-முனை (terminal X) நேர்க்குறியாக இருக்கும்போது டையோடு கடத்துகின்றது; மின்தேக்கி C, டையோடு, மூலம் ஆகியவற்றின் குறை மின்தடை (low resistance) வழியே மின்னூட்டம் அடைகின்றது. டையோடு மின்தடை குறைவாக இருப்பதால் X-முனை, Y-முனையுடன் தானாகவே சேர்க்கப்படுகின்றது. Y-முனை சுழிநிலை மின்னழுத்தத்திலுள்ளது. எனவே, வெளிவரு மின்னழுத்தம் சுழியாகிறது. உள்ளிடு அலை, C யின் இடையே தோன்றுகின்றது (படம் 16).

உள்ளீடு மின்னழுத்தம் குறையும்போது, மின்தேக்கியின் வலப்புறத்திலுள்ள மின்னழுத்த பேதம் அதே அளவு உடனே குறையவேண்டும். எனவே, X-முனை எதிர்க்குறியாகி டயோடு திறந்த சுற்றுகிறது. நேரமாறிலி RC மிகவும் உயர்மதிப்பைப் பெற்றிருப்பதால் மின்தேக்கி C எதிர்க்குறி இடைவெளியில்

பிற்சேர்க்கை-4



(a) படம் 16 (b)

உள்ளீடு அலை பற்றிப் பொருத்தப்பட்ட அலை

கணிசமான அளவு மின்னிறக்கமடைவதில்லை. இவ்வாறு X-முனை எதிர் மின்னழுத்தத்திலேயே நிறுத்திவைக்கப்படுகின்றது. மறுபடியும் உள்ளீடு மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து உயரும்போது, வெளிவரு மின்னழுத்தம் மறுபடியும் சுழியை அடைகின்றது. இவ்வாறு உள்ளீடு அலையின் நேர்க்குறி உச்சிகள் சுழி மதிப்பிலேயே கத்தரிக்கப்படுகின்றன.

அட்டவணை-1.

கிரேக்க எழுத்துகளும் அவற்றின் பெயர்களும்

எழுத்து	தமிழில் பெயர்	ஆங்கிலத்தில் பெயர்
α	ஆல்ஃபா	Alpha
β	பீட்டா	Beta
γ	கம்மா	Gamma
δ	டெல்டா	Delta
ε	எப்ஸிலான்	Epsilon
η	ஈட்டா	Eta
λ	லாம்டா	Lambda
μ	ம்யூ	Mu
ν	ந்யூ	Nu
π	பை	Pi
ρ	ரோ	Rho
σ	சிக்மா	Sigma
ω	ஒமேகா	Omega

அட்டவணை-2.

அடுக்கங்களின் பகுப்பு :

அடுக்கங்கள் (விநாடிக்கு)	பெயர்	குறி
1. 30 கிலோ சைக்கிள்களுக்குக் கீழே	மிகக்குறைந்த அடுக்கம்	$V. L/F$
2. 30-300 கிலோ சைக்கிள்கள்	குறைந்த அடுக்கம்	L/F
3. 300-3000 கிலோ சைக்கிள்கள்	நடுத்தர அடுக்கம்	M/F
4. 3-30 மெகா சைக்கிள்கள்	உயரடுக்கம்	H/F
5. 30-300 மெகா சைக்கிள்கள்	மிக உயரடுக்கம்	$V.H/F$
6. 300-3000 மெகா சைக்கிள்கள்	டெசி மீட்டர் அலைகள்	dc/w
7. 300-30,0000 மெகா சைக்கிள்கள்	செ. மீ. அலைகள்	cm/w

அட்டவணை-3.

மின்சாரச் சமன்பாடுகளில் உபயோகப்படும் குறிகள் :

தொடர் எண்	அளவைகள்	குறி
1.	நீளம்	l
2.	நிறை	m
3.	நேரம்	t
4.	கோணம்	θ, ϕ
5.	வேலை, ஆற்றல்	w
6.	திறன்	p
7.	பயனுறுதிறன்	η
8.	அலைவு நேரம்	T
9.	அடுக்கம், அதிர்வெண்	f
10.	கோண அடுக்கம்	ω
11.	அலை நீளம்	λ
12.	கட்டபேதம்	θ
13.	வெப்பநிலை (சென்டிகிரேடில்)	t
14.	மின்னூட்டம்	Q
15.	மின்னோட்டம்	I
16.	மின்னழுத்தம்	E, V
17.	மின் தடை	R
18.	மின் தடை எண்	ρ
19.	மின் நிலைமம்	L
20.	மின்னெதிர்ப்பு	Z
21.	மின்தேக்கு திறன்	C
22.	உட்புகு திறன்	μ
23.	காந்தப்புலம்	H
24.	மின்புலம்	E
25.	மின் மறுப்பு	X
26.	மின்காந்த அலைகளின் திசை வேகம்	c
27.	பெருக்கு எண்	μ
28.	மாறு மின் ஏற்பகம்	Y
29.	பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்	M
30.	பரிமாற்றுக் கடத்து திறன்	G
31.	மின்கடத்தாப் பொருள்	ε

அட்டவணை-4.

அளவைகளின் மேற்பகுதிகளும் கீழ்ப்பகுதிகளும் :

தொடர் எண்	மேற்பகுதி/கீழ்ப் பகுதி	பெயர்	குறி
1.	10^{12}	டெரா	T
2.	10^{9}	ஜிகா	G
3.	10^{6}	மெகா	M
4.	10^{3}	கிலோ	K
5.	10^{2}	ஹெக்டோ	H
6.	10^{1}	டெகா	da
7.	10^{-1}	டெசி	d
8.	10^{-2}	சென்டி	c
9.	10^{-3}	மில்லி	m
10.	10^{-6}	மைக்ரோ	μ
11.	10^{-9}	மில்லி மைக்ரோ அல்லது நானோ	$m\mu$ n
12.	10^{12}	மைக்ரோ, மைக்ரோ அல்லது பைகோ	$\mu\mu$ p

படித்தற்குரிய நூல்கள்

1. Radar Premier — J.L. Hornung.
2. Fundamentals of Radar — Stephen A. Knight.
3. Electronics made simple — Henry Jacobowitz.
4. Radar Beacons — Arthur Roberts.
5. Introduction to Radar and Radar techniques — Denis Taylor.
6. Principles and Practice of Radar — R.S.H. Boulding.
7. Principles of Radar — Members of the Staff of the Radar School.
8. Principles of Radar — Taylor D and West Cott.
9. Introduction to Radar system — Merriil I. Skolnik.
10. Radio location technique — Brigadier JD. Hoigh.
11. Radar simply explained — R.W. Halloos.
12. Basic Radars — Electronics Training investigation Team
13. Radar works like this — Egon Larsen.
14. One story of Radar — Rowe, A.P.
15. Radar aids to Navigation — John S Hall.
16. Radar Scanners and Radomes — Cady, Karelitz and Turner.
17. Pulse Generators — Glasoe and Lebacqz.
18. Micro wave Magnetrons — Collins.
19. Electronics — Gupta and Kumar.
20. Electronic and Radio Engineering — P.E. Terman.
21. Modern Radar — Raymond S. Bercowitz.
22. Radar, what it is — Rider J.F.

கலைச்சொற்கள்

(தமிழ் - ஆங்கிலம்)

அ

அகவாய் — Inlet
அடக்கு கிரிடு — Suppressor grid
அடிவாய் — Base
அடுக்கபேதம் — Frequency difference
அடுக்கப் பண்பேற்றம் — Frequency modulation
அடுக்க மாற்றி — Frequency changer
அணு — Atom
அணு எண் — Atomic number
அணு எடை — Atomic weight
அதிக அடுக்கப் பக்கப்பட்டை — Upper side band
அயன மண்டலம் — Ionosphere
அயனியாக்கம் — Ionisation
அரிதிற் கடத்தி — Insulator
அரை அலைவுத் திருத்தி — Half wave-rectifier
அதிர்வெண், அடுக்கம் — Frequency
அலை நீளம் — Wave length
அலைவியற்றி — Oscillator
அலைவழிப்படுத்தி — Wave guide
அலைபரப்பி — Transmitter
அலைப் பண்பிறக்கம் — De-modulation
அலைவீச்சு — Amplitude
அலைவு நேரம் — Period af oscillation
அலைவு மின்னோட்டம் — Oscillating current
அவுரி — Indigo
அன்டென்னு — Antenna
அச்சு — Axis
அரிதிற் கடத்தி — Bad conductor
அறிவியல் (பௌதிகம்) — Physics
அதிர்வி — Vibrator

ஆ

ஆம்பியர்	—	Ampere
ஆரஞ்சு	—	Orange
ஆரவகை காந்தப்புலம்	—	Radial magnetic field
ஆற்றல்	—	Energy
ஆற்றல் மின்மாற்றி	—	Power transformer
ஆற்றல் செறிவு	—	Energy density
ஆற்றல் பாய்கை	—	Energy flow
ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி	—	Transmision line
ஆளுகை அலைவு இயற்றி	—	Master-oscillator

இ

இசைவிக்கப்பட்ட ரேடியோ அடுக்கம்	—	Tuned Radio frequency
இசைவிக்கும் மின்தேக்கி	—	Tuning condenser
இசைவித்தல்	—	Tuning
இசைவு அடுக்கம்	—	Resonant frequency
இசைவுக் காட்டி	—	Tuning indicator
இடைநிலை அடுக்கம்	—	Intermediate frequency
இடைநிலை அடுக்கப்பெருக்கி	—	I.F. Amplifier
இசைவிக்கப்பட்ட கிரிடு இணைப்புப் பெருக்கி	—	Tuned grid amplifier
இலக்கு	—	Target
இணைப்பு	—	Coupling
இணைப்பெண்	—	Co-efficient of coupling
இணைப்பு மின்தேக்கி	—	Coupling condenser
இணைப்பு அலைவியற்றி	—	Coupled oscillator
இருபடி	—	Square
இணைத்தடம்	—	Shunt
இருமுனை	—	Dipole
இரைச்சல்	—	Noise
இயக்கநிலைப் பண்பியல் கோடுகள்	—	Dynamic characteristics
இரட்டை எண்கள்	—	Even numbers
இயற்றி	—	Generator
இரண்டாம் நிலை அலைகள்	—	Secondary waves

உ

உட்குழிவு	—	Cavity
உட்கவர்தல்	—	Absorption

உடனுறு அடுக்கம் — Instantaneous frequency
உண்மை உயரம் — True height
உந்து மின்னழுத்தம் — Accelerating voltage
உலோகத் திருத்தி — Metal rectifier
உயரழுத்த பாட்டரி — High tension battery
உயரமானி — Altimeter
உருளை மின்தேக்கி — Cylindrical condenser
உருக்குலைந்த பிம்பம் — Distorted image
உணர்வு நுட்பம் — Sensitivity

ஊ

ஊட்டுக் கம்பி — Feeder line
ஊதா — Violet
ஊர்தி அலை — Carrier wave

எ

எண்ணிலா — Infinite
எடிசன் விளைவு — Edison effect
எதிர்க்கணு — Antinode
எதிர் மின்வாய் — Cothode
எதிர் மின்னழுத்தம் — Negative voltage
எதிரொளி — Echo
எதிர் மின்னூட்டம் — Negative charge
எதிர்மின் கதிர்க்குழாய் — Cathode ray tube
எல்லை நிபந்தனை — Boundary condition
எலெக்ட்ரான் — Electron
எதிரொளிப்பான் — Reflector
எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் — Electron current
எலெக்ட்ரான் துளை — Electron hole
எலெக்ட்ரான் செறிவு — Electron density
எலெக்ட்ரான் மேகம் — Electron cloud
எழுச்சி — Surge

ஏ

ஏடு — Layer
ஏரியல் — Aerial
ஏற்பி — Receiver
ஏற்ற கோணம் — Angle of elevation
ஏற்பு அணு — Acceptor Atom
ஏற்பு வாய் — Collector

ஏற்புவாய்ச் சந்தி — Collector Junction
ஏற்றம் — Elevation
ஏ. சி./டி. சி. மாற்றி — A.C./D.C. convertor

ஒ

ஒத்தகட்டம் — Same phase
ஒதுக்கும் மின்தேக்கி — By pass condenser
ஒருதிசை மின்னழுத்தம் — Direct current voltage
ஒருதிசை மின்னோட்டம் — Direct current
ஒளியுணர் பண்பு — Light sensitive property
ஒளி மின்கலம் — Photo-electric cell
ஒளிர் திரை — Fluorescent screen
ஒரு சார்பு மின்னழுத்தம் — Bias voltage
ஒமேகா — Omega

ஓ

ஓம் — Ohm
ஓரைவட்டம் — Ellipse
ஓரச்சு உருளை — Co-axial cylinder
ஓரச்சாக — Co-axially
ஓரவிளைவு — Edge effect
ஓர்ஸ்டெட் — Oerstead

ஃ

ஃபாரட் — Farad
ஃபிலமெண்ட் — Filament

க

கலப்பி — Mixture
கணு — Node
கண்ணுறு — Video
கத்தரிக்கும் சுற்று — Clipplng circuit
கசிவு — Leak
கலக்கிப் பிரித்தல் — Heterodyning
கட்டம் — Phase
கட்ட இயல்பு மாற்றி — Phase shift discriminator
கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான் — Bound Electron
கட்டபேதம் — Out of phase
கற்றை மின்னழுத்தம் — Beam voltage
கனகோணம் — Solid angle

காப்பு	—	Insulation
காமிரா	—	Camera
காந்தப்புலம்	—	Magnetic field
கால்பிட் அலைவியற்றி	—	Colpitt oscillator
கிடை விலக்கிகள்	—	Horizontal deflectors
கிளர்ச்சி	—	Excitation
கிலைஸ்ட்ரான்	—	Klystron
கினஸ்கோப்	—	Kinescope
குத்து விலக்கிகள்	—	Vertical deflectors
குரோமாஸ்ஃபியர்	—	Chromosphere
குரோமேட்ரான்	—	Chromatron
குவார்ட்ஸ்	—	Quartz
குறிகாட்டி	—	Pointer
குறுக்குச் சுற்று	—	Short circuit
குறை மின்னழுத்த பேட்டரி	—	Low voltage battery
குறுக்கீட்டு விளைவு	—	Interference
குறைந்த அடுக்கப்பட்டை	—	Lower side band
கூலூம்	—	Coulomb
கூட்டுப் பொருள்	—	Compound
கென்னெலி - ஹெவிசைடு அடுக்கு	—	Kennelly-Heaviside layer
கொடை அணு	—	Donor atom
கொடைவாய்	—	Emittor
கொடைவாய்ச் சந்தி	—	Emittor junction

ச

சட்டம்	—	Frame
சமன்பாடு	—	Equation
சந்தி	—	Junction
சார்பிலா	—	Absolute
சிவப்பு	—	Red
சிறிதே கடத்தி, குறைக்கடத்தி	—	Semi conductor
சிறப்பியல் மின்னெதிர்ப்பு	—	Characteristics impedance
சீரிசை அலைவியற்றி	—	Harmonic oscillator
சுருள்	—	Coil
சுற்று	—	Circuit, cycle
சுற்று வடிவ ஆன்டென்னு	—	Loop Antenna
செலினியம்	—	Selenium
செங்குத்து ஆன்டென்னு	—	Vertical Antenna
செவியுறு அடுக்க அலைகள்	—	Audio frequency waves

செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கி — Audio Frequency amplifier
செவியுணரா ஒலிகள் — Supersonics
செவியுறு அடுக்க மின்மாற்றி — Audio frequency transformer
செயலுறு பரப்பு — Effective area
செறிவு — Density
சோக் — Choke
சைன் வளைகோடு — Sine-curve

ட

ட்ரோபாஸ்ஃபியர் — Troposphere
டிரயோடு — Triode
டயோடு — Diode
டன்னல் டயோடு (புழல் டயோடு) — Tunnel diode
டிரான்சிஸ்டர் — Transistor
டிரிம்மர் — Trimmer
டெட்ரோடு — Tetrode
டெசிபல் — Decibel

த

தள்ளு-இழு பெருக்கி — Push-pull amplifier
தடை அலைவியற்றி — Blocking oscillator
தரை அலைகள் — Ground waves
தரை இணைப்புற்ற — Earthed
தரை ராடார் — Ground radar
தனிமம் — Element
தனித்தனியான — Discrete
தாவும் தூரம் — Skip distance
திருத்தி — Rectifier
திரை கிரிடு — Screen grid
திசைச் சார்பான — Azimuth
திட்டப்படம் — Block diagram
துணைச் சுருள் — Secondary coil
துடிப்பு — Pulse
துருவுதல் — Scanning
துவக்கி — Trigger
துளை — Hole
துடிப்பு மின்னோட்டம் — Pulsating current
தூண்டுச் சுருள் — Induction coil
தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம் — Indused voltage

தைரட்ரான் — Thyratron
தொடுகை மின்னழுத்தம் — Contact potential
தொகுத்த சுற்று — Integrated circuit
தொடர்நிலை — Series
தொடர்ச்சியின்மை — Discontinuity
தொலைக் காட்சி — Television
தொட்டிச் சுற்று — Tank circuit

ந

நற்கடத்தி — Good conductor
நங்கூரம் — Anchor
நிலைத்த தன்மை — Persistance
நியான் விளக்கு — Neon lamp
நிழல் மூடிக்குழாய் — Shadow mask tube
நிலையலைகள் — Standing waves
நிறை — Mass
நின்றொளிர்தல் — Phosphorescence
நீலம் — Blue
நேர்மின்னழுத்தம் — Positive voltage
நேர்மின்னூட்டம் — Positive charge
நேர்க்கோட்டுக் காலவடி — Linear time base
நேர்மின்வாய் — Anode
நேர்மின்வாய் ஒருதிசை மின்னழுத்தம் — Anode D.C. voltage
நேர்மின்வாய் சிறப்பியல் கோடுகள் — Anode characteristics
நேர்மின்வாய் இசைவுப் பெருக்கி — Tuned anode amplifier
நைக்ரோம் — Nichrome

ப

பல் அதிர்வி — Multi vibrator
பரவளையம் — Parabola
பரப்பல் — Propagation
பல் கூட்டு மாறி — Complex variable
பகுத்தல் — Detection
பகுப்பான் — Detector
பல் கூட்டு எண் — Complex number
பச்சை — Green
பட்டை அகலம் — Band-width

படிக அலைவியற்றி	—	Crystal oscillator
படிகம்	—	Crystal
பண்பியல் அட்டவணை (தனிம அட்டவணை)	--	Periodic table
பண்பேற்றம்	—	Modulation
பயனுறு திறன்	—	Efficiency
பரப்பு	—	Broad-cast
பறக்கும் புள்ளித் துருவி	—	Flying spot seanner
பாழ்ச்சுமை	—	Dead load
பிம்பம்	—	Image
பின்னூட்டம்	—	Feed back
பின்தங்கல்	—	Lagging
பிம்ப ஆர்த்திகான்	—	Image orthicon
புரோட்டான்	—	Proton
புறச்சுற்று	—	External circuit
புறப்பணி எலெக்ட்ரான்	—	Valance electron
புறவியல் மின்தடை	—	External resistance
புறவாய்	—	Outlet
பூட்டும் சுற்று	—	Locking circuit
பெட்டிச் சுற்று வடிவ ஆன்டென்னா	—	Box loop Antenna
பெருக்கம்	—	Amplification
பெருக்கற்பலன் எண்	—	Amplification factor
பெருக்கி	—	Amplifier
பெருமம்	—	Maximum
பென்டோடு	—	Pentode
பேடர்	—	Pader
பொது அச்சுக் கம்பி	—	Cable (co-axial)
பொது ஏற்புவாய்ச் சுற்று அமைப்பு	—	Common collector-configuration
பொது மின்னழுத்தம்	—	Common potential
பொதுக் கொடைவாய்ச் சுற்று அமைப்பு	—	Common emitter-configuration
பொலிவு	—	Brightness
பொது அடிவாய்ச்சுற்று அமைப்பு	—	Common base configuration
பொந்து ஒத்ததிர்வி	—	Cavity resonator
பொறுக்குத் திறன்	—	Selectivity
பொருத்தம்	—	Matching
போலி உயரம்	—	Virtual height

ம

மஞ்சள் — Yellow
மங்குதல் — Fading
மாக்னெட்ரான் — Magnetron
மாற்றுவழி — By-pass
மாறா மின்தடை — Fixed resistance
மாறா மின்தேக்கி — Fixed condenser
மாறு மின் ஏற்பகம் — Admittance
மாறு மின் தடை — Variable resistance
மாறுதிசை மின்னோட்டம் — Alternating current
மாறு மின்தேக்கி — Variable condenser
மில்லி வோல்ட் — Milli volt
மில்லர் சுற்று — Miller circuit
மில்லர் விளைவு — Miller effect
மின் இயக்கு விசை — Electromotive force
மின் எழு-விழு சுற்று — Flip-flop circuit
மின்மறுப்பு — Reactance
மின்காந்த அலை — Electro magnetic wave
மின்காந்தத் தூண்டுதல் — Electro magnetic induction
மின்குழாய் — Valve
மின் குழாய் மதிப்பெண் — Value constant
மின்சார சமன்பாட்டுச் சுற்று — Equivalent circuit
மின்னெதிர்ப்பு — Impedance
மின் தடை — Resistance
மின் தடை மின்தேக்கி இணைப்பு — Resistance - capacity coupling
மின் திறன் — Electric power
மின் துடிப்பு — Electric pulse
மின் நிலைமம் — Inductance
மின் நிலைமச் சுருள் — Inductance coil
மின் நிலைம மின்மறுப்பு — Inductive reactance
மின் நிலைம மின்தேக்கி இணைப்பு — Inductance capacity coupling
மின்பொறி இடைவெளி — Spark gap
மின்னழுத்த வேற்றுமை — Potential difference
மின்மாற்றி — Transformer
மின்மாற்றி இணைப்பு — Transformer coupling
மின்னாற்பகுப்பு மின்தேக்கி — Electrolytic condenser
மின்னிறக்கம் — Discharge
மின்னூட்டம் — Charge
மின்னிறக்க மின்மாற்றி — Step down transformer
மின்கடத்தாப் பொருள் மாறிலி — Dielectric constant

மின்தேக்கி — Condenser
மின்தேக்கி மின்மறுப்பு — Capacitative reactance
மின்தேக்கி மின்னோட்டம் — Capacitative current
மின்தேக்கித் திறன் — Capacity
மின்னேற்ற மின்மாற்றி — Step up transformer
மினுமினுப்பு — Scintillation
மின்னோட்டமானி (கால்வனோமீட்டர்) — Galvanometer
மின்னோட்டப் பெருக்கற்பலன் எண் — Current amplification factor
மின்னோட்டம் — Current
முடுக்கி — Accellerator
முக்கூட்டு ஒளிர் பொருள் புள்ளிகள் — Phospordot-trios
முகவிளக்கு — Head light
முழு அலைவுத் திருத்தி — Full wave rectifier
முற்றுச் சுற்று — Closed circuit
முனைத்திருப்பம் — End correction
முன்னேறு அலைகள் — Prorgessive waves
மெலிப்பான் — Attenuator
மெக்-ஓம் — Meg-ohm
மேசர் — Maser
மோ — Mho
மைக்ரோ ஆம்பியர் — Micro amphere
மைக்ரோ ஃபாரடு — Micro farad
மைக்ரோ அலை — Micro wave

ர

ரம்பப்பல் மின்னோட்டம் — Saw tooth current
ரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் — Saw tooth voltage
ராடார் — Radar
ரேடியோ — Radio
ரேடியோ அடிவானம் — Raido horizon
ரேடியோ அடுக்கப்பெருக்கி — Raido frequency amplifier
ரேடியோ அஞ்சல் — Raido relay
ரேடியோ வழிப்படுத்துதல் — Radio navigation
ரேடியோ வானியல் — Radio astronomy

லெ

லெஹர் கம்பிகள் — Lecher wires
லெக்லான்சி மின்கலம் — Leclanche cell
லேசர் — Laser

வ

வடிப்பான் — Filter
வரையறை — Definition
வடிவ அமைப்பு — Pattern
வரிக்கண்ணோட்டம் — Scanning
வண்ணத் தொலைக்காட்சி — Colour television
வலிமை — Intensity
வளர் மின்னழுத்தம் — Sweep voltage
வளைவு — Curvature
வான் அலை — Sky wave
வாய்க்கால் — Channel
வாட்டம் — Gradient
விடிகான் — Vidicon
வீச்சுப் பண்பேற்றம் — Amplitude modulation
வீச்சுப் பண்பேற்றி — Amplitude modulator
வெற்றிடம் — Vacuum
வெப்ப அயனி வெளியீடு — Thermionic emission
வெளி அலை — Space wave
வெட்டுநிலை மின்னழுத்தம் — Cut-off bias
வெட்டு அதிர்வெண் — Cut-off frequency
வோல்ட் — Volt
A வகைப் பெருக்கி — Class 'A' amplifier
n வகைச் சிறிதே கடத்தி — n-type semi conductor
P வகைச் சிறிதே கடத்தி — P-type semi conductor
T வடிவ ஆன்டென்னு — T shaped Antenna
L வடிவ ஆன்டென்னு — Inverted L Antenna
ஹம் — Hum
ஹென்ரி — Henry
ஜெர்மேனியம் — Germanium
ஹார்ட்லி அலையியற்றி — Hartley oscillator
ஹெக்சோடு — Hexode
ஹெப்டோடு — Heptode
ஹைஃபை — Hi-Fi
ஜெட்விமானம் — Jet plane
Q கூற்றெண் — Q factor
ஷாட்கி விளைவு — Schottky effect
ஸ்ட்ரேட்டாஸ்ஃபியர் — Stratosphere

கலைச்சொற்கள்

(ஆங்கிலம் - தமிழ்)

A

Absolute — சார்பிலா
Absolute unit — சார்பிலா அலகு
Absorption — உட்கவர்தல்
Accelerating voltage — உந்துமின் அழுத்தம்
Accumulator — மின்சேமக்கலம்
A.C./D.C. Convertor — A.C./D.C. மாற்றி
A.C./D.C. Receiver — A.C./D.C. ரேடியோ
Accelerator — முடுக்கி
Acceptance — ஏற்பு
Acceptor — ஏற்பி
Admittance — மாறு மின் ஏற்பகம்
Aerial — ஏரியல்
A.F. Amplifier — செவியுறு அடுக்கப் பெருக்கி
A.F. Choke — செவியுறு அடுக்கச் சோக்
A.F. Transformer — செவியுறு அடுக்க மின்மாற்றி
Alternating current — மாறுதிசை மின்னோட்டம்
Alternator — திசை மாற்றி
Altimeter — உயரமானி
Altitude — குத்துயரம்
Altitude effect — குத்துயர விளைவு
Ammeter — அம்மீட்டர்
Ampere — ஆம்பியர்
Amplification — பெருக்கம்
Amplification factor — பெருக்கி எண்
Amplifier — பெருக்கி
Amplifier noise — பெருக்கி இரைச்சல்
Amplitude — வீச்சு

Amplitude modulation — வீச்சுப் பண்பேற்றம்
Amplitude modulator — வீச்சுப் பண்பேற்றி
Anchor — நங்கூரம்
Anchor ring — நங்கூர வளையம்
Angle of elevation — ஏற்ற கோணம்
Anode — நேர்மின்வாய்
Anode characteristics — நேர்மின்வாய் தனிப்பண்புகள்
Anode D.C. voltage — நேர்மின்வாய் ஒருதிசை மின்னழுத்தம்
Antenna — ஆன்டென்னு
Anticathode — மாற்று எதிர்மின்வாய்
Antinode — எதிர்க்கணு
Atom — அணு
Atomic energy — அணு ஆற்றல்
Atomic number — அணு எண்
Atomic structure — அணு அமைப்பு
Atomic weight — அணு எடை
Atmosphere — வளிமண்டலம்
Atmospherics — வளிமின் குழப்பங்கள்
Attenuator — மெலிப்பான்
Audio frequency — செவியுறு அடுக்கம்
Automatic volume control — ஏ. யு. ஸி. (A. U. C.)
Average — சராசரி
Axial line — அச்சுக்கோடு
Axis — அச்சு
Azimuth — திசைச்சார்பான

B

Bad conductor — அரிதிற் கடத்தி
Band — அலை வரிசை
Band system — பட்டைத் தொகுதி
Band width — பட்டை அகலம்
Barrier — தடுப்பு
Barrier potential — தடுப்பு மின்னழுத்தம்
Base — அடிவாய்
Base of transistor — டிரான்சிஸ்டர் அடிவாய்
Battery — மின்கல அடுக்கு
Beam voltage — கற்றை மின்னழுத்தம்
Bias voltage — ஒரு சார்பு மின்னழுத்தம்

Block diagram	—	தொகுப்புப் படம் (திட்டப் படம்)
Blue	—	நீலம்
Bound electron	—	கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்
Blocking oscillator	—	தடை அலை வியற்றி
Boundary condition	—	எல்லை நிபந்தனை
Box loop antenna	—	பெட்டிச் சுற்று வடிவ ஆன்டென்னு
Bridge-stabilished oscillator-C	—	சமன அமைப்பு
Brightness	—	பொலிவு
Broadcast	—	பரப்பு
By pass	—	மாற்று வழி
By pass condenser	—	மாற்று வழி மின்தேக்கி

C

Cable	—	கேபிள்
Cable (co-axial)	—	ஓரச்சுக் கம்பி
Capacitance	—	மின் தேக்கு திறன்
Capacitative coupling	—	மின் தேக்கி இணைப்பு
Capacitative current	—	மின் தேக்கி மின்னோட்டம்
Capacitative reactance	—	மின் தேக்கி மறுப்பு
Capacity	—	மின் தேக்கு திறன்
Camera	—	கேமிரா
Carbon resistance	—	கரித்தூள் மின்தடை
Carrier wave	—	ஊர்தி அலை
Cathode	—	எதிர்மின்வாய்
Cathode ray	—	எதிர்மின் கதிர்
Cathode ray tube	—	எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்
Cavity	—	உட்குழிவு, பொந்து
Cavity resonator	—	பொந்து ஒத்ததிர்வு
Characteristic impedance	—	சிறப்பியல் மின்னெதிர்ப்பு
Channel	—	வாய்க்கால்
Charge	—	மின்னூட்டம்
Charge density	—	மின்னூட்ட அடர்த்தி, மின்னூட்டச் செறிவு
Charge distribution	—	மின்னூட்டப் பகிர்வு
Charged conductor	—	மின்னூட்ட - முற்றக் கடத்தி
Choke	—	சோக்
Chromatron	—	குரோமேட்ரான்
Chromosphere	—	குரோமோஸ்ஃபியர்

Circuit — சுற்று
Collector — ஏற்புவாய்
Collector junction — ஏற்புவாய்ச் சந்தி
Class-A amplifier — A வகைப் பெருக்கி
Clipping circuit — கத்தரிக்கும் சுற்று
Closed circuit — முற்றுச் சுற்று
Coaxial cylinder — ஓரச்சு உருளை
Coaxially — ஓரச்சாக
Co-efficient of coupling — இணைப்பு எண்
Coil — சுருள்
Colour television — வண்ணத் தொலைக் காட்சி
Colpitt oscillator — கால்பிட் அலைவியற்றி
Common axis — பொது அச்சு
Common Base Configuration — பொது அடிவாய்ச் சுற்று அமைப்பு
Common Collector configuration — பொது ஏற்பு வாய்ச்சுற்று அமைப்பு
Common emittor configuration — பொது கொடைவாய்ச் சுற்றமைப்பு
Common potential — பொது மின்னழுத்தம்
Commutator — திசைமாற்றி
Complex variable — பல்கூட்டு மாறி
Complex number — பல்கூட்டு எண்
Compound — கூட்டுப் பொருள்
Compound wound motor — கூட்டுச் சுற்று மோட்டார்
Computor — எண்ணணி, கம்ப்யூட்டர்
Concave — குழியான
Condenser — மின் தேக்கி
Conduction current — கடத்தல் மின்னோட்டம்
Conductor — கடத்தி
Contact potential — தொடுகை மின்னழுத்தம்
Control grid — அடக்கு கிரிடு
Convertor — மாற்றி
Coupling — இணைப்பு
Coulomb — கூலும்
Coupling condenser — இணைப்பு மின் தேக்கி
Compled oscillator — இணைப்பு அலைவியற்றி
Crest — முகடு
Critical coupling — மாறுநிலைப் பிணைப்பு
Critical voltage — மாறுநிலை மின்னழுத்தம்

Critical load — மாறு நிலைத் தடை
Crystal — படிகம்
Crystal oscillator — படிக அலைவியற்றி
Current density — மின்னோட்டச் செறிவு
Curvature — வளைவு
Cut-off bias — வெட்டு மின்னழுத்தம்
Cut off voltage — வெட்டுநிலை மின்னழுத்தம்
Cut-off frequency — வெட்டு அதிர்வெண்
Cycle — சுற்று
Cylindrical condenser — உருளை வடிவ மின்தேக்கி

D

Decibel — டெசிபல்
De-coupling — இணைப்பு நீக்கம்
Definition — வரையறை
De-modulation — அலைப் பண்பிறக்கம்
Density — செறிவு, அடர்த்தி
Denser medium — அடர்மிகு ஊடகம்
Depth of modulation — பண்பேற்று நெடுக்கம்
Detector — பகுப்பான்
Detection — பகுத்தல்
Device — கருவி
Deviation — திசைமாற்றம்
Dial — குறியீட்டுத்தட்டு
Di-electric constant — மின்கடத்தாப் பொருள்மாறிலி
Di-electrics — மின்கடத்தாப்பொருளியல்
Diode — டயோடு
Dipole — இருமுனை
Dipole aerial — இருமுனை ஏரியல்
Direct current — ஒருதிசை மின்னோட்டம்
D. C. voltage — ஒருதிசை மின்னழுத்தம்
Directional property — திசையியல்பு
Directivity — நெறிப்படுத்துதிறன்
Discharge — மின்னிறக்கம்
Discharge tube — மின்னிறக்கக் குழாய்
Discontinuity — தொடர்ச்சியின்மை
Discrete — தனித்தனியான
Displacement current — பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்
Distorted image — உருக்குலைந்த பிம்பம்

Divided circuit — பிரித்த சுற்று
Donor, Donor atom — கொடை அணு
Dynamic characteristics — இயக்கநிலைப் பண்பியல் கோடுகள்
Dry cell — பசை மின்கலம்

E

Earthed — தரை இணைப்புற்ற
Echo — எதிரொலி
Edison effect — எடிசன் விளைவு
Eddy current — சுழி ஓட்டம்
Edge effect — ஓரவிளைவு, விளிம்பு விளைவு
Effective area — செயலுறு பரப்பு
Efficiency — இயக்கு திறம், பயனுறு திறன்
Electric arc — மின்வில் சுடர்
Electric charge — மின்னூட்டம்
Electric connection — மின் இணைப்பு
Electric field — மின்புலம்
Electric flux — மின்பாயம்
Electric force — மின் விசை
Electric fuse — மின் உருகி
Electric generator — மின்னேற்றி
Electric potential — மின்னழுத்தம்
Electric spark — மின்பொறி
Electrical capacity — மின் தேக்கு திறன்
Electrieal conduction — மின்கடத்தல்
Electrical filter — மின் வடிப்பான்
Electrical image — மின்பிம்பம்
Electrically neutral — மின் நடுநிலையான
Electric power — மின் திறன்
Electric pulse — மின் துடிப்பு
Electrolytic condenser — மின்னாற்பகுப்பு மின்தேக்கி
Electro-magnet — மின்காந்தம்
Electro magnet effect — மின்காந்த விளைவு
Electro magnetic radiation — மின்காந்த எதிர்வீச்சு
Electro magnetic wave — மின்காந்த அலை
Electrode — மின்வாய்
Electromotive force — மின் இயக்கு விசை
Electron — எலெக்ட்ரான்

Electron cloud	—	எலெக்ட்ரான் மேகம்
Electron density	—	எலெக்ட்ரான் செறிவு
Electron volt	—	எலெக்ட்ரான் வோல்ட்
Electron gun	—	எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி
Electron hole	—	எலெக்ட்ரான் துளை
Electron capture	—	எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு
Electron multiplier	—	எலெக்ட்ரான் பெருக்கி
Element	—	தனிமம்
Elementary particles	—	அடிப்படைத் துகள்கள்
Elevation	—	ஏற்றம்
Ellipse	—	ஓரைவட்டம், நீள்வட்டம்
Emittor	—	கொடைவாய்
Encounter	—	எதிர்ப்படுதல்
End correction	—	முனைத்திருத்தம்
Energy	—	ஆற்றல்
Energy level	—	ஆற்றல் மட்டம்
Equation	—	சமன்பாடு
Equipment	—	சாதனம்
Equivalent circuit	—	இணைமாற்றுச் சுற்று
External circuit	—	புறச்சுற்று
External resistance	—	புறவியல் தடை

F

Fading	—	மங்குதல்
Farad	—	ஃபாரட்
Feed-back	—	மின்னூட்டம்
Feed-back amplifier	—	மின்னூட்டப் பெருக்கி
Feeder line	—	ஊட்டுக்கம்பி
Field coil	—	புலச்சுருள்
Field intensity	—	புலவலிமை
Filament	—	ஃபிலமெண்ட்
Filter	—	வடிகட்டி
Filter-band pass	—	வடிகட்டி-அடுக்கம் செலுத்தும் பட்டை
Filter circuit	—	வடிச்சுற்று
Filter high pass	—	வடிகட்டி நிறை அடுக்கம்
Filter low pass	—	வடிகட்டி குறை அடுக்கம்
Flip-flop circuit	—	எழு-விழு-சுற்று
Fixed condenser	—	நிலைமின் தேக்கி

Fixed resistance	— நிலைமின் தடை
Flat loop antenna	— தட்டைச்சுற்று வடிவ ஆன்டென்னா
Flourescent screen	— ஒளிர் திரை
Flourescence	— ஒளிர்தல்
Flyback voltage	— விரைந்து மீள் மின்னழுத்தம்
Frame	— வரம்பு, சட்டம்
Frequency	— அடுக்கம், அதிர்வெண்
Frequency changer	— அடுக்கமாற்றிக் குழாய்
Frequency modulation	— அடுக்கப் பண்பேற்றம்
Full wave rectifier	— முழு அலைத்திருத்தி

G

Galvanometer	— கால்வனா மீட்டர், மின்னோட்டமானி
Generator	— இயற்றி
Germanium	— ஜெர்மேனியம்
Good conductor	— நற்கடத்தி
Glow	— பொலிவு
Gradient	— சரிவு, வாட்டம்
Green	— பச்சை
Grid	— கிரிடு
Ground radar	— தரை ராடார்
Ground wave	— தரை அலை
Growth of current	— மின்னோட்ட வளர்ச்சி

H

Half wave-rectifier	— அரை அலைத்திருத்தி
Harmonic oscillator	— சீரிசை அலையியற்றி
Heartley oscillator	— ஹார்ட்லி அலையியற்றி
Hemisphere	— அரைக்கோளம்
Heptode	— ஹெப்டோடு
Heterodyning	— கலக்கிப்பிரித்தல்
Hexode	— ஹெக்சோடு
High tension battery	— உயர்அழுத்த-பாட்டரி
Hole	— துளை
Horizon	— அடிவானம்
Horizontal	— கிடைமட்டம்
Horizontal component	— கிடைக்கூறு

Horizontal intensity	—	கிடைச்செறிவு
Horizontal plane	—	கிடைத்தளம்
Horizontal deflectors	—	கிடைவிலக்கிகள்

I

I.F. Amplifier	—	இடைநிலை அடுக்கப் பெருக்கி
I.F. Transformer	—	இடைநிலை அடுக்க மின்மாற்றி
Illumination	—	ஒளியூட்டம்
Image	—	பிம்பம்
Impedance	—	மின்னெதிர்ப்பு
Indicator	—	காட்டி
Indigo	—	கருநீலம்
Induced charge	—	தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டம்
Induced E.M.F.	—	தூண்டு மின்னியக்கு விசை
Inductance	—	மின்நிலைமம்
Induction coil	—	தூண்டு மின்சுருள்
Inductive reactance	—	மின்நிலைம மின்மறுப்பு
Infinite	—	எண்ணிலா
Infinity	—	எண்ணிலி
Inlet	—	அகவாய்
Input	—	உள்ளிடு அளவு
Input resistance	—	உள்ளிடு தடை
Input voltage	—	உள்ளிடு மின்னழுத்தம்
Insulation	—	காப்பு
Insulator	—	காப்பான்
Instantaneous frequency	—	உடனுறு அடுக்கம்
Intensity	—	செறிவு
Intermediate frequency	—	இடைநிலை அடுக்கம்
Interference	—	குறுக்கீட்டு விளைவு
Integrated circuit	—	தொகுத்த சுற்று
Integrating circuit	—	தொகுசுற்று
Integration	—	தொகு ஆக்கம்
Inter communication	—	உள் தொடர்பு
Intermediate phase	—	இடைநிலைக்கட்டம்
Intermittent	—	இடைவிட்டு இயங்கும்
Ion	—	அயனி
Ionisation	—	அயனியாக்கம்
Ionosphere	—	அயனமண்டலம்
Ionospheric absorption	—	அயனமண்டலக்கிரகிப்பு

J

Jet	—	ஜெட்
Jet plane	—	ஜெட்விமானம்
Jockey	—	தொடுகோல்
Junction	—	சந்தி

K

Kennelly-Heaviside layer	—	கென்னலி-ஹெவிசைடு அடுக்கு
Kenotron	—	கினோட்ரான்
Kerr effect	—	கெர்விளைவு
Kilo cycle	—	கிலோச் சுற்றுகள், கிலோ சைக்கிள்
Kilo meter	—	கிலோமீட்டர்
Kinescope	—	கினஸ்கோப்
Klystron	—	கிளைஸ்ட்ரான்
Knob	—	குமிழ்

L

Lagging	—	பின் தங்கல்
Laser	—	லேசர்
Layer	—	அடுக்கு
Leakage	—	கசிவு
Leakage inductance	—	கசிவு மின் நிலைமம்
Leakage resistance	—	கசிவு மின் தடை
Lecher wires	—	லெஹர் கம்பிகள்
Limit	—	எல்லை
Light sensitive property	—	ஒளியுணர் பண்பு
Linear-time base	—	நேர்க்கோட்டுக் காலவடி
Local action	—	உள்ளிட நிகழ்ச்சி
Locking circuit	—	பூட்டும் சுற்று
Loop antenna	—	சுற்று வடிவ ஆன்டென்னா
Lower side band	—	குறைந்த அடுக்கத் துணைப் பட்டை
Low tension battery	—	குறைந்த மின்னழுத்த பாட்டரி
Luminous point	—	ஒளிரும் புள்ளி

M

Magnet	—	காந்தம்
Magnetic effect	—	காந்த விளைவு

Magnetic field — காந்தப்புலம்
Magnetic induction — காந்தத் தூண்டல்
Magnetron — மாக்னெட்ரான்
Magnitude — அளவு
Maser — மேசர்
Mass — நிறை
Master-oscillator — ஆளுகை அலைவியற்றி
Matching — பொருத்தம்
Maximum — பெருமம்
Meg-ohm — மெக்-ஓம்
Metal rectifier — உலோகத் திருத்தி
Mho — மோ
Mica — மைக்கா
Micro ampere — மைக்ரோ ஆம்பியர்
Micro-farad — மைக்ரோ ஃபாரட்
Micro-wave — மைக்ரோ அலை
Miller effect — மில்லர் விளைவு
Milli-volt — மில்லிவோல்ட்
Minimum — சிறுமம்
Mixture — கலப்பி
Modulation — பண்பேற்றம்
Multi vibrator — பல் அதிர்வி
Multi channel — பல்வழி
Multiplier — பெருக்கி
Mutual conductance — பரிமாற்றுக் கடத்து திறன்
Mutual inductance — பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

N

Negative — எதிர்
Negative charge — எதிர் மின்னூட்டம்
Negative voltage — எதிர் மின்னழுத்தம்
Neon lamp — நியான் விளக்கு
Net work — வலையமைப்பு
Node — கணு
Noise — இரைச்சல்
Non-conductor — அரிதிற்கடத்தி
'N'-type junction — 'N' வகைச்சந்தி

O

Observation — காட்சிப் பதிவு
Obstacle — தடை
Octode — ஆக்டோடு
Oerstead — ஓர்ஸ்டெட்
Ohm — ஓம்
Omega — ஓமேகா
Open circuit — திறந்த சுற்று
Open end — திறந்த முனை
Orange — ஆரஞ்சு
Orthicon — ஆர்த்திகான்
Oscillation — அலைவு
Oscillator — அலைவியற்றி
Oscillograph — ஆசிலோகிராஃப்
Oscilloscope — ஆசிலோஸ்கோப்
Outlet — விடுவாய்
Output — வெளிவரு அளவு

P

Padder — பேடர்
Pair — இணை
Pattern — அமைப்பு
Parabola — பரவளையம்
Pentode — பென்டோடு
Periodic table — தனிம அட்டவணை
Phase — கட்டம்
Phase change — கட்டமாற்றம்
Phase difference — கட்டவேறுபாடு
Phase shift oscillator — கட்டப்பெயர்ச்சி அலைவியற்றி
Phosphor dot-trios — முக்கூட்டு ஒளிர் பொருள் புள்ளிகள்
Photo electricity — ஒளி-மின்னியல்
Photo electric effect — ஒளி-மின் விளைவு
Physics — அறிவியல் (பௌதிகம்)
Picro-farad — பைக்ரோஃபாரட்
Pick up — எடுப்பி
Plane electro magnetic waves — ஒருதள மின்காந்த அலைகள்
Pole strength — முனைவலிமை

Potentio meter — மின்னழுத்தமானி
Potential — மின்னழுத்தம்
Potential difference — மின்னழுத்தவேறுபாடு
Power — திறன்
Power amplification — திறன் பெருக்கம்
Power gain — திறன் கூடுகை, திறன் லாபம்
Power pack — மின்னழுத்தக் கட்டு
Practical unit — நடைமுறை அலகு
Primary circuit — முதன்மைச் சுற்று
Progressive waves — முன்னேறு அலைகள்
Propagation — பரப்பல்
Pulsating current — துடிப்பு மின்னோட்டம்
Push-pull amplifier — தள்ளு-இழு பெருக்கி
'P'-type junction — P வகைச் சந்தி

Q

Q-factor — Q-கூற்றெண்
Quality — பண்பு
Quantity — அளவு
Quartz — குவார்ட்ஸ்
Quenching — தணிக்கும்
Quiescent time — அமைதி நேரம்

R

Radar — ராடார்
Radial magnetic field — ஆரக்கால் காந்தப்புலம்
Radiant energy — கதிர்வீச்சு ஆற்றல்
Radiation — கதிர் வீச்சு
Radio — ரேடியோ
Radio astronomy — ரேடியோ வானியல்
Raido frequency amplifier — ரேடியோ அடுக்கப் பெருக்கி
Raido horizon — ரேடியோ அடிவானம்
Radio navigation — ரேடியோ வழிப்படுத்துதல்
Raido wave — ரேடியோ அலை
Radius — ஆரம்
Radius of curvature — வளைவு ஆரம்
Reactance — மறுப்பு
Receiver — ஏற்பி
Reception — ஏற்பு

Rectifier — திருத்தி
Red — சிவப்பு
Reflecting power — எதிரொளிப்புத்திறன்
Reflection — எதிரொளிப்பு
Relaxation oscillator — தளர்வலை வியற்றி
Relay — அஞ்சல்
Remote control — தொலைக்கட்டுப்பாடு
Resistance — தடை
Resistance capacity coupling — மின்தடை மின்தேக்கி இ
Rotor — சுழலி

S

Safe current — பாதுகாப்பு மின்னோட்டம்
Satellite — துணைக்கோள்
Saw tooth current — இரம்பப்பல் மின்னோட்டம்
Scanning — வரிக்கண்ணோட்டம், துருவுதல
Schottky effect — ஷாட்கி-விளைவு
Scintillation — மினுமினுப்பு
Screen — திரை
Screen grid — திரைகிரிடு
Search coil — துருவுச் சுருள்
Secondary coil — துணைச் சுருள்
Secondary circuit — துணைச்சுற்று
Secondary waves — இரண்டாம் நிலை அலைகள்
Sector — வட்டப்பகுதி
Seebeck-effect — சிபெக் - விளைவு
Selectivity — தேர்திறன்
Semi conductor — சிறிதே கடத்தி, குறைக்கடத்தி
Self inductance — தனி மின் நிலைம எண்
Sensitivity — உணர்வு நுட்பம்
Series grouping — தொடர் இணைப்பு
Shadow mask tube — நிழல் மூடிக்குழாய்
Short circuit — குறுக்குச் சுற்று
Short wave — குற்றலை
Side band — பக்கப்பட்டை
Signal — சைகை
Sine curve — சைன் வளைகோடு
Skip distance — தாவும் தூரம்
Sky wave — வானலை

Source — மூலம்
Space charge — சூழ் மின்னூட்டம்
Space wave — வெளி அலை
Spark gap — மின்பொறி வெளி
Specific resistance — மின் தடை எண்
Speed — வேகம்
Speed of rotation — சுழல் வேகம்
Square law — இருமடி விதி
Standard condenser — படித்தர மின் தேக்கி
Standing wave — நிலை அலை
Standard resistance — படித்தர மின் தடை
Static characteristics — நிலையியல் தனிப்பண்புகள்
Step-up transformer — ஏற்றுமின் மாற்றி
Stratosphere — ஸ்ட்ராட்டாஸ் ஃபியர்
Super-hetrodyne — கலக்கிப் பிரித்தல்
Supersonics — செவி உணரா ஒலிகள்
Suppressor grid — அடக்கு கிரிடு
Surge — எழுச்சி
Sweeping circuit — விரவுச் சுற்று
Switch — சுவிட்சு

T

Tank circuit — தொட்டிச்சுற்று
Tap key — தட்டுச் சாவி
Target — இலக்கு
Technique — உத்தி, தொழில் நுட்பம்
Television — தொலைக்காட்சி
Tetrode — டெட்ரோடு
Thermionic emission — வெப்ப அயனி வெளியீடு
Theory — கொள்கை
Thyratron — தைரட்ரான்
Time base — காலவடி
Time constant — நேரமாறிலி
Transformer — மின்மாற்றி
Transformer coupling — மின்மாற்றி இணைப்பு
Transister — டிரான்சிஸ்டர்
Transmission — பரப்புதல்
Transmitter — பரப்பி
Transverse waves — குறுக்கலைகள்

Transmission line — ஆற்றல் செலுத்தும் கம்பி
Trigger — துவக்கி
Trimmer — டிரிம்மர்
Triode — டிரயோடு
Troposphere — ட்ரோபோஸ்ஃபியர்
'T' - shaped antenna — T-வடிவ ஆன்டென்னா
Tuned anode amplifier — இசைவிக்கப்பட்ட நேர்மின்வாய் பெருக்கி
Tunnel diode — டன்னல் டயோடு, புழல் டயோடு
Tuning — இசைவித்தல்
Tuning condenser — இசைவிக்கும் மின்தேக்கி

U

Ultra high frequency — வெகு உயர் அதிர்வெண்
Ultrasonics — செவியுணரா ஒலியியல்
Uncharged — மின்னூட்டம் பெறாத
Undamped — தடையுரு
Units — அலகுகள்
Upperside band — அதிக அடுக்கப் பக்கப்பட்டை

V

Vacuum — வெற்றிடம்
Vacuum tube — வெற்றிடக்குழாய்
Valency — இணைதிறன்
Valence electrons• — புறப்பணி எலெக்ட்ரான்.
Valve constant — மின்குழாய் மாறிலி
Variable condenser — மாறியல் மின்தேக்கி
Varying current — மாறுமின்னோட்டம்
Vector — வெக்டார்
Vertical antenna — செங்குத்து ஆன்டென்னா
Very high frequency — மீ உயர் அதிர்வெண்
Video — கண்ணுறு
Virtual — மாய
Value thermionic — வெப்ப அயனி மின்குழாய்
Volt — வோல்ட்
Voltage amplification — மின்னழுத்தப் பெருக்கம்